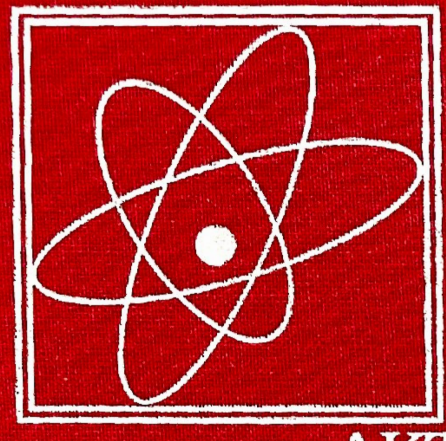


ALTE FORSCHER-AKTUELL

Geschichte der Kerntechnik in der Schweiz

Die ersten 30 Jahre 1939 – 1969



Geschichte der Kerntechnik
in der Schweiz

Band 3 der OLYNTHUS-Reihe

Alte Forscher – aktuell

Ein Gerät, eine Technik, eine Theorie begreifen wir letztlich erst, wenn wir ihre Entstehung nachvollziehen – wenn wir uns in die Entstehungszeit mit ihren Möglichkeiten und Zwängen zurückversetzen, wenn wir nacherleben, mit welchen Zweifeln sich Wissenschaftler, Ingenieure und Erfinder plagen, welche Hindernisse sie überwinden und gegen welche Widerstände sie ankämpfen mußten. In unserer Zeit mit ihrem Überangebot an Information fällt es oft schwer, diese Erfahrung zu beherzigen – wir haben es eilig, und die alten Quellen sind kaum oder nur mit Mühen zugänglich. Hier will OLYNTHUS mit dieser Buchreihe eine Brücke schlagen. Es soll jedoch nicht in Nostalgie gemacht werden, vielmehr werden gezielt solche Forscher und Werke in Erinnerung gerufen, die einen starken Bezug zum Heute haben.

Band 1: Die Sonnenwärme und ihre industriellen Anwendungen, von Augustin Mouchot (2. Auflage 1879) das älteste Solarbuch der Welt, aus dem Französischen, 1. Auflage 1987

Band 2: Die Geschichte des Wasserbaus in der Schweiz, von Niklaus Schnitter, 1. Auflage 1992

Band 4: Beiträge der Schweiz zur Technik – Schweizerische Erfindungen von internationaler Bedeutung, 1. Auflage 1991

Die Bände haben je etwa 200 bis 300 Seiten
im Format 17,0 x 24,5 cm und sind leinengebunden
– Schmuckstücke auch in der Ausstattung

Geschichte der Kerntechnik in der Schweiz

Die ersten 30 Jahre 1939 – 1969

Herausgeber

Schweizerische Gesellschaft der Kernfachleute
SGK/SOSIN/SNS



Verlag für verständliche Wissenschaft und Technik

Gesetzt in der Palatino aus der Adobe Type Library.

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Geschichte der Kerntechnik in der Schweiz : die ersten 30 Jahre 1939 – 1969 / Hrsg. Schweizerische Gesellschaft der Kernfachleute. [Autoren: Fritz Aemmer ... Red.: Rudolf Weber]. – Oberbözberg : Olynthus, Verl. für Verständliche Wiss. und Technik, 1992
(Alte Forscher – aktuell ; 3)
ISBN 3-907175-16-6
NE: Weber, Rudolf [Red.]; Schweizerische Gesellschaft der Kernfachleute; GT

Impressum:

Herausgeber: Schweizerische Gesellschaft der Kernfachleute

Autoren: Fritz Aemmer, Urs Hochstrasser, Kurt Küffer, Otto Lüscher, Ludwig Meyer, Bruno Pellaud, Jean-Michel Pictet, Peter Tempus, Paul Ribaux, Peter Weyermann

Texterfassung Ernst Hänsenberger

Redaktion, Gestaltung: Dr.-Ing. Rudolf Weber

OLYNTHUS Verlag für verständliche Wissenschaft und Technik

Auslieferung für Deutschland: Biersack GmbH, Konstanz
für Österreich: Österr. Bundesverlag, Wien
für die Schweiz: Freihofer AG, Zürich

Vorwort

Erste Forschungsarbeiten im Bereich der Kernphysik gab es zwar schon vor dem Zweiten Weltkrieg am Physikalischen Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich und an anderen schweizerischen Universitäten. Auch wurde die erste Eidgenössische Studienkommission für Atomenergie bereits im November 1945 gebildet. Aber erst im Jahre 1957 begann in der Schweiz offiziell das Zeitalter der Kernenergie: Am 30. April jenes Jahres brachten Schweizer Wissenschaftler erstmals in eigener Verantwortung eine selbsterhaltende Kettenreaktion in Gang. An diesem Tage wurde der Forschungsreaktor SAPHIR – hervorgegangen aus dem amerikanischen Ausstellungsreaktor an der Genfer Konferenz «Atome für den Frieden» 1955 – in Würenlingen zum erstenmal «kritisch», und einige Wochen später, am 15. Mai 1957, fand die offizielle Einweihung des Reaktors im Beisein von Vertretern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik statt. Das bläuliche Licht aus dem Kern, die Cerenkow-Strahlung, hatte dem Reaktor den Namen des blauen Edelsteins gegeben. Als Attraktion und in Anlehnung an die Namensgebung des Reaktors wurde, an einer Fischerrute hängend, ein echter Saphir bestrahlt und anschließend dem Einweihungs-Operateur, Bundesrat Dr. Max Petitpierre, überreicht.

Zwei Tage vorher hatte Bundesrat Petitpierre in Bern die Grundsätze der Regierungspolitik zur Kernenergienutzung mit folgenden Worten formuliert: *«Dieses Ziel kann nur in einer engen Zusammenarbeit zwischen Bund, Wirtschaft und Wissenschaft erreicht werden. Erforderlich ist auch eine ausführliche Information der Bevölkerung, welche überzeugt sein muß, daß das Wohlbefinden aller Schweizer, daß der Wohlstand unseres ganzen Landes in großem Maß von der friedlichen Nutzung der Kernenergie abhängig sein wird. Diese Öffentlichkeitsarbeit ist auch notwendig, um überflüssige Befürchtungen zu zerstreuen und um zu zeigen, daß es keinen Zusammenhang gibt zwischen Atomexplosionen und den Anwendungen der Kernphysik in der Industrie, in der Landwirtschaft und in der Medizin. Alle diese Anwendungen enthalten gewisse Gefahren, die man nicht unterschätzen darf. Es ist wohl selbstverständlich, daß der Bund und die Wissenschaft neben der Pflicht, die nukleare Forschung zu fördern, auch mit allen Mitteln das Ziel verfolgen müssen, die übriggebliebenen Gefahren zu vermindern und möglicherweise wegzuschaffen.»*

Damit hatte der schweizerische Bundesrat 1957 die Weichen klar gestellt und eine Politik eingeleitet, die Jahrzehnte später an Gültigkeit nichts eingebüßt hat. 1964 forderte der sozialdemokratische Politiker und Bundesrat Willy Spühler in

einer epochalen Rede in Sitten die Elektrizitätswirtschaft auf, mit dem Bau von Kernkraftwerken unverzüglich zu beginnen, um eine sichere und wirtschaftliche Stromversorgung der Schweiz zu schaffen und um die Umwelt zu schützen.

Mit einer derart dynamischen Einstellung zur Entwicklung der Kernenergie haben unsere wissenschaftlichen und politischen Väter Grundsätze für ihre friedliche Nutzung festgelegt. Die heutige Generation kommt mehr denn je in den Vorteil der elektrischen Energie, sei es zu Hause in Bern, unterwegs in der Genfer Straßenbahn oder am Arbeitsplatz in den Basler Chemiefabriken. Ungefähr die Hälfte des Stroms stammt 1991 aus Kernkraftwerken, schweizerischen wie ausländischen.

Nach der eidgenössischen Abstimmung über einen Energieartikel und ein Moratorium für Kernkraftwerke im September 1990 stehen wir an einer energiepolitischen Weiche. In diesem Zeitpunkt erscheint es mir wichtig, daß möglichst viele Mitbürger genau wissen und verstehen, warum die Wissenschaftler, die Industriellen und die Politiker während drei Jahrzehnten so überzeugt und zielstrebig die Entwicklung und die Einführung der Kernenergie in der Schweiz unterstützt haben. Dabei sind zwei Blickrichtungen gleichermaßen von Bedeutung:

- In die **Vergangenheit**, um das damalige Umfeld und die frühere Entwicklung im richtigen Licht zu sehen, und um die Rolle der Pioniere in Wissenschaft, Wirtschaft und Politik würdigen zu können.
- In die **Zukunft**, um diese aus dem Blickwinkel der vergangenen Entwicklung zu beleuchten. Gelten nicht immer noch die Hoffnungen von damals in eine umweltgerechte und wirtschaftliche Energieversorgung unseres Landes dank der Kernkraft? Anders gefragt: Bleiben die Träume der damaligen Forscher in der Schweiz und anderswo nicht immer noch sehr aktuell?

Gegründet im Oktober 1958, vereint die Schweizerische Gesellschaft der Kernfachleute (SGK) die meisten Techniker, Ingenieure und Physiker, die auf diesem Gebiet in unserem Lande tätig sind. Als Herausgeberin dieses Buches erachtet es die SGK als notwendig, die Geschichte der Kerntechnik in der Schweiz während der ersten 30 Jahre vollständig, wahrheitsgetreu und lebendig – auch anhand von Bildern – zu erzählen. Verschiedene andere Autoren haben sich schon früher mit diesem Thema befaßt. In den meisten Fällen behandelten sie jedoch nur Teilaspekte in beschränkter Breite oder Tiefe.

Das vorliegende Buch «Geschichte der Kerntechnik in der Schweiz – Die ersten 30 Jahre: 1939–1969» entstand aus der kollektiven Arbeit vieler Fachleute, deren meiste Mitglieder der SGK sind und die bei einzelnen Kapiteln direkt oder

indirekt mit- oder zugearbeitet haben. Unter «Geschichte» verstehen wir in diesem Buch die Entwicklung bis zum Betrieb des ersten kommerziellen Kernkraftwerks. So gesehen, ergibt sich die Begrenzung des Zeitrahmens auf gerade 30 Jahre aus zwei Eckdaten: Am Beginn des betrachteten Zeitraums, 1939, stehen die ersten kerntechnischen Experimente in der Schweiz, nämlich an der ETH Zürich, und genau 30 Jahre später wurde das erste Schweizer Kernkraftwerk, Beznau I, offiziell in Betrieb genommen, während das Kernkraftwerk Mühleberg sich der Fertigstellung näherte. Um jedoch die Entwicklung danach dem geneigten Leser der Vollständigkeit halber und wenigstens kurz zugänglich zu machen, haben wir ein Nachwort «... über Gösgen bis Leibstadt ...» aufgenommen. Im übrigen greifen die einzelnen Kapitel zwar ineinander über, können jedoch auch unabhängig voneinander gelesen werden.

Die Manuskripte wurden von dem Wissenschaftspublizisten Dr.-Ing. Rudolf Weber einheitlich überarbeitet und, innerhalb der Reihe «Alte Forscher – aktuell» des OLYNTHUS Verlags, in Buchform gebracht. Die ersten drei Bände dieser Reihe sind der Sonnenenergie, der Wasserkraft und der Kernenergie gewidmet, drei Energiequellen, die im 21. Jahrhundert eine wichtige Rolle in der Energieversorgung der Schweiz und der Welt spielen werden. Wir von der SGK sind überzeugt, daß die Kernenergie einen unabdingbaren Platz in unserer Zukunft einnehmen wird, weil in vielen Fällen nur sie genügend Strom für Millionen von Menschen erzeugen kann und weil sie dabei Umwelt und Luft nur wenig belastet. Um für die Zukunft planen zu können, ist ein Blick in die Vergangenheit oft nützlich.Diesem Zweck soll auch dieses Buch dienen.

An dieser Stelle möchte ich allen, die zur Veröffentlichung dieses Buches beigetragen haben, im Namen des SGK-Vorstands herzlich danken, insbesondere den Autoren Fritz Aemmer, Prof. Dr. Urs Hochstrasser, Kurt Küffer, Otto Lüscher, Dr. Ludwig Meyer, Jean-Michel Pictet, Dr. Peter Tempus und Peter Weyermann sowie den Lektoren Dr. Karl-Heinz Buob, Dr. Andreas F. Fritzsche, Prof. Dr. André Gardel, Prof. Dr. Karl Hintermann und Dr. Rudolf Rometsch. SGK-Vorstandsmitglied Martin Jermann hat an der Realisierung dieses Buches ebenfalls maßgebend mitgewirkt. Ferner bedankt sich die SGK ganz besonders bei der Schweizerischen Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW) für ihre wichtige Unterstützung.

Ebmatingen, im Sommer 1991

Dr. Bruno Pellaud
Präsident der SGK

Inhaltsverzeichnis



1. Kapitel

Die Grundlagen der Kernenergie-Nutzung

1945 veröffentlichte Prof. Paul Scherrer in der «Neuen Zürcher Zeitung» einen allgemeinverständlichen Artikel über die «Atomenergie», der das Wissen jener Zeit zusammenfaßte und damit erstmals der Öffentlichkeit zugänglich machte. Scherrer beschrieb den Aufbau von Atom und Atomkern, die Atomumwandlung, die Uranspaltung und die Kettenreaktion im Uran. Die Probleme der Entstehung von Plutonium und von radioaktiven Spaltprodukten hatte er bereits erkannt. In beispielhafter Klarheit schilderte er den Aufbau einer «Atommaschine», die Wirkungsweise des Moderators sowie die Steuerung mit Hilfe der verzögerten Neutronen. Scherrer erwähnte auch die ersten Atommaschinen in den USA und hoffte, die Atomenergie werde die Kohle als Energiequelle weitgehend ersetzen können. – Dieser Artikel wird im folgenden in vollem Wortlaut und mit den Original-Abbildungen wiedergegeben, wobei kurze Kommentare zur heutigen Sicht mancher Aussagen eingestreut sind.

Ein aufsehenerregender Zeitungsartikel

Am Mittwoch, dem 28. November 1945, veröffentlichte die «Neue Zürcher Zeitung» in ihrer Mittagausgabe einen Artikel von Dr. Paul Scherrer, Professor für Physik an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich. Im Vorspann schrieb die Zeitung, sie sei dank dem Entgegenkommen des Autors in der Lage, «hier in zusammenhängender Weise und allgemeinverständlicher Form über die wichtigsten Probleme der Atomenergie-Maschine sachkundigen Aufschluß zu geben». Da nur wenige Monate zuvor – im August desselben Jahres – die ersten Kernwaffen über Japan explodiert waren, bestand in weitesten Kreisen der Öffentlichkeit großes Interesse am Thema «Atomenergie». Aber selbst die meisten Physiker hatten noch keine genaue Kenntnis davon, wie die unkontrollierte Kernspaltung in der Bombe ablief, geschweige denn die kontrollierte in einer energieliefernden Atom-Maschine.

Scherrer schrieb den Artikel für das Publikum des Jahres 1945. Doch wer ihn heute liest, wird wohl dem Urteil jener zustimmen, die ihn schon kennen und als echten Klassiker bezeichnen, auch wenn manche Aussagen inzwischen überholt sind. Denn Scherrer, dessen Physik-Vorlesungen in Zürich ob ihrer Anschaulichkeit sogar von Laien besucht wurden, hat hier ein Meisterstück des Wissenschaftsjournalismus geliefert. Könnte es eine bessere und würdigere Einleitung für dieses Buch geben als Scherrers «Atomenergie – Die physikalischen und technischen Grundlagen»?

Die kursiv gedruckten Anmerkungen des Bearbeiters sind als Ergänzungen aus heutiger Sicht gedacht, die Randbemerkungen als Orientierungshilfe. Im Original gesperrt Geschriebenes ist hier ***halbfett*** *hervorgehoben.*

Atomenergie

Neue Erkenntnisse

Seit Jahren wissen die Physiker, daß in den Atomen enorme Energiebeträge schlummern, die die Technik bis vor kurzem noch nicht nutzbar zu machen verstand. Es handelt sich um die riesigen Energien, welche bei den Prozessen der künstlichen Atomumwandlung frei werden.

Ein alter Traum der Menschheit ist in Erfüllung gegangen, als es der Physik gelang, Atome ineinander umzuwandeln und zugleich unzählige neue, bisher unbekannte Atomarten künstlich zu erzeugen. Leider konnte man bisher nur kleinste, minutiöse Stoffmengen im Laboratorium umsetzen. Die dabei frei werdenden Energien wurden mit feinsten Apparaturen nur beim einzelnen Atomprozeß gemessen.

Jetzt ist aber infolge der raschen Fortschritte, welche die neuen Erkenntnisse der Kernphysik gebracht haben, gelungen, **diese Energie im Großen technisch zugänglich** zu

machen, und es scheint, als ob ein neues Zeitalter der Energiegewinnung anbrechen wolle, das «Zeitalter der subatomaren Energie»: Bereits laufen in Pasco im Staate Washington die Hanford-Atomenergie-Werke mit mindestens 600000 kW Wärmeleistung. (Diese Leistung entspricht etwa der Hälfte derjenigen aller schweizerischen Kraftwerke). – Es sei gleich hier erwähnt, daß die Atomenergie-Maschine vorläufig nur Wärme erzeugt, und daß die Physik heute gar keinen Weg sieht, die Energie direkt in Form von **elektrischer** Energie zu gewinnen.

Erste Atomenergie-Werke

Da Scherrer wußte, daß die Hanford-Reaktoren zur Produktion von Plutonium für Atombomben dienten, bezog er seine Bemerkung, die Maschine erzeuge «vorläufig nur Wärme» wohl auf die indirekte Stromerzeugung: Mit dieser Wärme wird Wasserdampf erzeugt, der eine Turbine mit daran gekuppeltem Stromgenerator antreibt. Scherrer kommt später noch darauf zurück.

Kommentar

Die atomare Energie wurde leider unter dem Druck des Krieges, der schrecklich auf Amerika lastete, zum ersten Mal in Form der Atombombe sichtbar; sie läßt sich aber auch gesteuert und regulierbar in **stetigem Strome** auslösen. Es bereitet – im Gegensatz zu der früheren Auffassung der Physiker – sehr **viel weniger** Mühe, die atomare Energie in technisch brauchbarer Form zu gewinnen, als sie in detonativer Explosion zu entfesseln.

Energiebeträge

Die Energiebeträge, welche bei den Atomumwandlungen auftreten, sind millionenmal größer als diejenigen, welche bei chemischen Prozessen, wie z.B . der Verbrennung von Kohle, frei werden. So liefert beispielsweise 1 kg Kohle bei der Verbrennung zu Kohlensäure etwa 9 kWh in Form von Wärme. Ein Kilogramm Uran^{235} aber gibt bei der sogenannten Uranspaltung 25 000 000 kWh in Form von Wärme ab. Noch größer sind die Energietönungen bei andern Kernumwandlungen: 1 kg Lithium liefert mit Wasserstoff in Helium umgewandelt 60 000 000 kWh. Die Vereinigung von vier Wasserstoffatomen zu einem Heliumatom – eine Kernreaktion, die in komplizierter Weise in der Sonne abläuft – erreicht eine Wärmetönung von 180 000 000 kWh pro kg umgesetzten Wasserstoff. Um den Energiebetrag von etwa 10 Milliarden kWh, welche die schweizerischen Kraftwerke pro Jahr herstellen, durch Atomprozesse zu gewinnen, würden z.B. nur 400 kg Uran,

Millionenfaches der Verbrennung

180 kg Lithium oder 60 kg Wasserstoff nötig sein. Dagegen müßte man etwa 1,25 Milliarden kg Kohle verbrennen, um diese Energie (in Form von Wärme) zu erzeugen.

Warum nicht breite Nutzung?

Frage: Bei dieser Sachlage muß man sich fragen, warum nicht überall Atomenergie-Kraftwerke aus dem Boden schießen, in denen diese ungeheuren subatomaren Energievorräte ausgeschöpft und der energiehungrigen Technik zugeführt werden? Warum werden nicht überall Atomenergie-Maschinen aufgestellt, in denen Li und H zur Reaktion gebracht und zu Helium «verbrannt» werden? Warum führen wir nicht in Großkraftanlagen die bis in jedes Detail bekannte, in der Sonne dauernd ablaufende Kernreaktion, den sog. Kohlenstoff-Wasserstoffzyklus aus? Natürlich hat die verzögerte technische Verwendung ihren Grund:

Sonne noch nicht imitierbar

Antwort: Man kann leicht zeigen, daß diese Kernreaktionen nur von selbst ablaufen, wenn die Temperaturen in den Anlagen extrem hoch sind, in der Größenordnung von 10 bis 20 Millionen Grad C. Wenn man Lithium und Wasserstoff bei gewöhnlicher Temperatur zusammenbringt, so reagieren sie nicht miteinander. Bei höherer Temperatur entsteht eine chemische Verbindung, der Lithiumwasserstoff mit etwa 31,3 kWh Energietönung/kg. Dies ist aber keine Kernreaktion, sondern eine gewöhnliche chemische Umsetzung. Erst wenn wir den Lithiumwasserstoff an einer Stelle auf 10 000 000 °C bringen würden, würde diese subatomare Reaktion einsetzen. Einmal an einer Stelle gezündet, würde der Vorgang soviel Wärme erzeugen, daß die Reaktion sich von selbst weiter fortpflanzen würde. Dabei träte dann eben pro kg Substanz die oben erwähnte enorme Energietönung von 60 000 000 kWh zutage. Wir besitzen aber keine Materialien, die diese außerordentlich hohen Temperaturen aushalten würden, denn alle Stoffe, die wir kennen, verdampfen bei einer Temperatur von wenigen tausend Grad, und ohne einen Behälter oder Ofen könnten wir die Reaktion nicht technisch nutzbar ablaufen lassen. Bei der Sonne, in deren innerem Teil eine Temperatur von etwa 20 000 000 °C herrscht, fällt die Frage nach einer feuerbeständigen Hülle dahin, denn die Gravitationskräfte, die gegenseitige Anziehung der Massen, halten den glühenden Gasball zusammen und bilden die beständige Wand dieses infolge der Kernenergie schier unerschöpflichen glühenden Energiespenders.

Kommentar

Was Scherrer in dieser Antwort beschreibt, hatte damals noch keinen Namen. Heute nennen wir es Kernfusion. Die Temperaturen, die er nach dem damaligen Stand des Wissens angibt, sind nach heutigen Erkenntnissen um vieles zu niedrig.

Uran-Kettenreaktion

Nur bei einer bestimmten Kernreaktion, nämlich derjenigen, welche sich bei der Gewinnung der Atomenergie aus Uran abspielt, liegt die Sache ganz anders. Hier verlaufen die Atomkernvorgänge aus einem bestimmten Grund als Kettenreaktion **auch bei tiefer Temperatur von selbst**, die Schwierigkeit der feuerbeständigen Wände fällt dann weg. Die Frage, ob es noch andere solche «**kalt ablaufende Kernprozesse**» gibt, ist heute noch nicht geklärt. Doch ist es fast sicher, daß sich solche Prozesse finden lassen.

Bei tiefer Temperatur möglich

Das Atom

Um die Auslösung dieser subatomaren Energien zu verstehen, muß man zunächst einiges über den Aufbau des Atoms wissen. Glücklicherweise ist der Bau des Atoms außerordentlich einfach, und auch der Laie kann die wesentlichen Tatsachen und Vorgänge in großen Zügen leicht verstehen.

Die Experimentalphysiker arbeiten heute mit dem **Einzelatom** wie mit einem sichtbaren makroskopischen Körper, und dank der raffinierten Experimentiertechnik ist dieses winzig kleine Gebilde in seine Bestandteile zerlegt und kreuz und quer vermessen worden. Diese Leistungen der Physik sind erstaunlich, wenn man sich überlegt, mit was für äußerst kleinen Dingen man es bei den Atomen zu tun hat. Die Zahl der Atome in einem Gramm Wasserstoff zu zählen, ist heute ein einfacher Praktikumsversuch. Wenn man diese Zählung durchführt, so findet man die erstaunliche Tatsache, daß ein Gramm Wasserstoff 600 000 000 000 000 000 000 000 Atome enthält. Das Einzelatom muß also schrecklich klein sein, wenn eine so geringe Substanzmenge, wie sie eben durch ein Gramm dargestellt wird, so ungeheuer viele Atome enthalten kann.

Im Größenvergleich ...

Weil uns für so große Zahlen aus dem täglichen Leben jede Anschauung fehlt, kann man sich von ihnen nur schwer eine Vorstellung machen, ohne Bilder zu benützen: Belegt man etwa die ganze Erdoberfläche mit Millimeterpapier und versucht man 1 g Wasserstoff in der Weise unterzubringen, daß in jedes mm^2-Häuschen ein Atom zu liegen kommt, so sieht man, daß die Fläche der Erdkugel bei weitem nicht ausreicht. Es sind 1200 Erdkugeln nötig, um die 6.10^{23} Atome in der beschriebenen Weise unterzubringen. Denkt man sich die Atome eines Grammes Wasserstoff zu einer Perlenkette aufgereiht, so daß ein Atom dicht neben das andere zu liegen kommt, so entsteht trotz der Kleinheit der Einzelperle eine sehr lange Kette, die

... winzig

man 1 500 000mal um den Äquator der Erde schlingen könnte. Natürlich ist die Kette äußerst fein, der dünnste Spinnfaden ist ein dickes Kabel gegen sie. Daher hat die ganze Kette, trotzdem sie so lang ist, schön zusammengefaltet, auch in 15 cm^3 Platz.

Kernatom

Das Atom selbst ist, wie Lord Rutherford, der genialste Experimentator unseres Jahrhunderts, durch wunderbar ausgedachte Versuche bewiesen hat, ein **Kernatom**. Es besteht aus einem winzigen Atomkern, der von einer sehr feinen Hülle umgeben ist. Wie ein kleines «Schrotkügelchen» liegt der Atomkern in dem «Wattebäuschchen» der Elektronenhülle eingebettet.

Atombau

Kern und Hülle sind in allem gegensätzlich. Der Atomkern ist **elektrisch positiv** geladen, die Hülle besteht aus **negativen** Elektronen, aus diesen Uratomen der Elektrizität. Der Kern enthält praktisch die ganze Masse des Atoms, die Hülle ist stets viele tausendmal leichter als der Kern. Auch ist der Kern sehr **klein**, sein Durchmesser ist nur etwa ein Zehntausendstel desjenigen der Elektronenhülle. Trotzdem ist es gerade dieser winzige Kern, für den die Physiker sich heute brennend interessieren, mit dem sie experimentieren und aus dem die großen Energiebeträge stammen, von denen hier die Rede ist.

Elektronenhülle

Die Erkenntnisse über die **Elektronenhülle** sind sehr vollständig, sodaß man ihren Aufbau und ihre Wirkungen heute völlig versteht. An fast allen atomaren Erscheinungen des täglichen Lebens ist nur die Hülle beteiligt. Die Elektronenhülle bewirkt z.B. die chemische Bindung zwischen den Atomen, die Farbe des Stoffes, die Lichtemission der Atome, die Festigkeitseigenschaften der Substanzen usf.

Kommentar

Diese Erkenntnisse über die Elektronenhülle wurden schon im 19. Jahrhundert vor allem dank der Spektralanalyse – der genauen Bestimmung der Zusammensetzung des sichtbaren und unsichtbaren Lichts, das reine Stoffe ausstrahlen – gewonnen, an deren Entwicklung Chemiker wie Bunsen und Physiker wie Kirchhoff wesentlichen Anteil hatten. Das im folgenden Abschnitt ausgebreitete Wissen über den Bau des Atomkerns hingegen stammt aus den 30er-Jahren des 20. Jahrhunderts.

Kernbau

Die Atomkerne bestehen, so klein sie sind, wieder aus noch kleineren Teilchen, den positiv geladenen **Protonen** und den

ungeladenen (neutralen) **Neutronen**. Man kennt heute die Struktur aller in der Natur vorkommenden und eine sehr große Zahl künstlich hergestellter Atomkerne. Die **Zahl der Protonen** im Atomkern variiert vom leichtesten Element Wasserstoff bis zum schwersten Element Uran zwischen 1 und 92. Sie hat für jedes chemische Element einen ganz festen Wert. Die Zahl der Neutronen ist im allgemeinen etwas größer als die Zahl der Protonen; sie ist für ein bestimmtes chemisches Element (also bei fester Protonenzahl) nicht immer gleich groß. Wegen dieser Unbestimmtheit der Neutronenzahl enthält ein Element oft verschieden schwere Atomsorten, es ist ein Gemisch aus verschiedenen sich durch die Neutronenzahl unterscheidenden «Isotopen».

Protonen und Neutronen

Der gewöhnliche Wasserstoffkern ist einfach ein Proton; der normale Heliumkern enthält zwei Protonen und zwei Neutronen, der Natriumkern elf Protonen und zwölf Neutronen. Wasserstoff und Sauerstoff sind aber Mischelemente. Ihre Kerne kommen in zwei oder mehreren verschiedenen «Ausführungen» oder Isotopen vor. So gibt es z.B. neben dem leichten Wasserstoff, dessen Kern einfach ein Proton ist, noch den schweren Wasserstoff, dessen Kern aus einem Proton und einem Neutron besteht. Auch beim schwersten Kern, dem Urankern, gibt es mehrere Isotopen, nämlich den Urankern mit 238 Teilchen U^{238} (92 Protonen und 146 Neutronen) und den Urankern mit 235 Teilchen U^{235} (92 Protonen und 143 Neutronen) und in sehr geringer Menge U^{234} (92 Protonen und 142 Neutronen).

Isotope

Atomumwandlung

Um künstliche Atomumwandlungen hervorzurufen, muß man zwei Atomkerne zur Berührung bringen. Die Kerne reagieren dann miteinander. Es bilden sich neue Gruppierungen ihrer Bestandteile (Protonen und Neutronen) und damit neue Atomsorten. Es ist aber sehr schwierig, die Kerne bis zur Berührung zu nähern, denn einerseits sind dieselben durch die Wattebäuschchen der sie umgebenden Elektronenhüllen sehr gut geschützt, andererseits stoßen sie sich wegen ihrer positiven Ladung sehr stark ab. Obwohl die Einzelkerne so klein sind, liegt diese Abstoßungskraft in der Größenordnung von 50 kg-Gewicht.

Atomumwandlungen werden heute dadurch hervorgerufen, daß man Atomkerne auf sehr hohe Geschwindigkeiten bringt und dann mit diesen rasch fliegenden Teilchen andere Atomkerne beschießt. Infolge der hohen kinetischen Energie

Abstoßung überwinden

der fliegenden Kerne sind sie imstande, die Elektronenhüllen zu durchdringen und sich den ruhenden Atomkernen trotz der Coulomb-Abstoßung bis zur Berührung zu nähern.

Allerdings müssen die Atomkerne auf die sehr hohe Geschwindigkeit von etwa 1/10 Lichtgeschwindigkeit gebracht werden, was mit den modernen Beschleunigungsmaschinen, wie Cyclotron, Tensator oder Betatron geschieht.

Kommentar

Ein Zehntel der Lichtgeschwindigkeit wird mittlerweile längst übertroffen, da man sich in den modernsten Beschleunigern der Lichtgeschwindigkeit weitgehend annähert. Die nachstehend beschriebene Umwandlung von Stickstoff-Kernen gelang Rutherford bereits 1919.

Lord Rutherford in Cambridge führte die erste Kernumwandlung durch, indem er Stickstoffkerne mit He-Kernen beschoß und dadurch ihre Umwandlung in Sauerstoff und Wasserstoff bewirkte. Heute sind **viele Tausende** von solchen Kernumwandlungen bekannt. Man kann **jedes Element** auf **viele Arten** in andere Elemente umwandeln, z.B. läßt sich Magnesium in Aluminium, Silicium, Natrium, Neon und noch andere Atomsorten überführen.

Beschuß wenig ergiebig

Bei diesen Atomkern-Reaktionen treten **enorme Energietönungen** auf, die die Physiker mit ihren Verstärkerapparaturen am Einzelprozeß exakt messen können. Bis vor dem Kriege ist es allerdings nur gelungen, außergewöhnlich geringe Substanzmengen umzusetzen. Denn bei dieser Beschießungsmethode, bei der man mit einer Kernsorte auf eine andere schießt, ist die Treffwahrscheinlichkeit wegen der außerordentlichen Kleinheit der Kerne sehr gering; die Geschosse laufen sich meist in den Elektronenhüllen der Atome tot, ohne einen Kerntreffer erzielt zu haben. Im allgemeinen hat man auf tausend Schüsse nur einen Kerntreffer zu erwarten.

Kommentar

Und nun wird es – aus der Sicht des Jahres 1945 – besonders spannend, denn Scherrer gibt Kenntnisse an die Öffentlichkeit, die bis dahin nur ganz wenigen Insidern geläufig waren.

Uranspaltung

Eine besonders interessante Kernreaktion ist die **Uranspaltung**. Hahn und Straßmann haben gefunden, daß der Uranatomkern bei Beschießung mit langsamen Neutronen direkt in zwei Teile zerspaltet: meist entstehen bei dieser Spal-

tung die Elemente Strontium und Xenon. Das Interessanteste ist aber, daß bei diesem Prozeß, der durch ein Neutron eingeleitet wird, wieder **zwei bis drei neue Neutronen** entstehen, die ihrerseits wieder in Atomkerne eindringen und diese spalten können. So besteht die Möglichkeit einer **Kettenreaktion**, die einmal eingeleitet, fortschreitet, bis das ganze Uran aufgebraucht ist. Da bei dieser Reaktion die Energietönung sehr groß ist, hat man hier die Möglichkeit, diese enormen Kernenergien frei zu machen. Die ersten Versuche von Fermi und Joliot, einen Uranblock mit Neutronen zu «zünden» und zur Kettenreaktion zu bringen, zeigten kein positives Resultat. Auch größere Uranmengen gaben, mit Neutronen beschossen, kein Fortschreiten der Reaktion. Nier und Dunning fanden sofort den Grund für dieses scheinbare Versagen unserer Überlegungen: Das natürliche Uran besteht zur Hauptsache aus zwei Atomsorten, nämlich aus dem Uran^{238}, dessen Kern aus 92 Protonen und 146 Neutronen aufgebaut ist, und aus dem Uran^{235}, dessen Kern aus 92 Protonen und 143 Neutronen besteht. Diese beiden Uran-Isotope U^{238} und U^{235} kommen im natürlichen Uran im Verhältnis 99,3 % zu 0,7 % vor. Wenn man diese beiden Uransorten mit dem Massenspektrographen trennt und einzeln untersucht, wie dies Nier und Dunning getan haben, so sieht man, daß nur das eine Uran, nämlich das U^{235}, bei Beschießung mit langsamen Neutronen zerfällt. Das U^{238} , das in weit größerer Menge vorhanden ist als das U^{235}, verschluckt zwar auch Neutronen, doch reagiert es mit diesen in ganz anderer Weise: Es sendet beim Einfang derselben zunächst nur ein hartes Lichtquant aus und geht in ein schwereres Uran-Isotop, das U^{239} über. Dieses Uran-Isotop ist radioaktiv; es wandelt sich mit 23 Minuten Halbwertszeit in das Element **Neptunium** um, und dieses geht mit 2,3 Tagen Halbwertszeit in das Element **Plutonium** über. Die beiden Elemente Neptunium und Plutonium kommen in der Natur nicht vor, sie sind sog. Transurane und können nur aus Uran^{238} durch Beschießung mit Neutronen künstlich hergestellt werden. Das Plutonium selbst ist auch ein radioaktiver Körper, aber es ist sehr langlebig und zerfällt mit 50 Jahren Halbwertszeit und Aussendung von Heliumkernen in Uran^{235}. Der Plutoniumkern hat ähnliche Eigenschaften wie der U^{235}-Kern, er zerfällt beim Beschießen mit Neutronen wie das U^{235} und eignet sich daher sehr gut zu einer Kettenreaktion, namentlich zur detonativen Energieproduktion in der Bombe.

Neue Spaltneutronen ...

... nur in U^{235}

U^{238} wird zu Plutonium

Auch Plutonium ist Spaltstoff

Ursprünglich glaubte man nach den ersten gescheiterten Versuchen mit Uran, es wäre nötig, das Uran-Isotop U^{235} von U^{238} abzutrennen, um die Kettenreaktion technisch durchzuführen. Denn das in großer Konzentration vorhandene U^{238}

wirkt ja auf den Ablauf der Kettenreaktion hemmend; es frißt die für die Kette so nötigen Neutronen weg, ohne selbst neue Neutronen zu produzieren. Die in den Vereinigten Staaten von Amerika mit enormen geistigen und materiellen Mitteln durchgeführten Untersuchungen haben aber gezeigt, daß sich ein Weg finden läßt, **die Kettenreaktion direkt** mit dem in der **Natur vorkommenden Uran-Isotopengemisch** durchzuführen.

Trennung der Uran-Isotopen nicht nötig

Damals waren das freilich «enorme geistige und materielle Mittel» – 40 Jahre später werden sie hinsichtlich Budget und Personaleinsatz schon von einzelnen Großforschungseinrichtungen weit übertroffen. Mit 50 Jahren ist die Halbwertszeit von Plutonium allerdings bei weitem zu kurz angegeben, beträgt sie doch beim wichtigsten Isotop Pu^{239} *rund 24.000 Jahre. Auch hatte der Amerikaner Glenn Seaborg schon 1942/43 erkannt, daß Plutonium wie Neptunium in minimster Konzentration auch in der Natur vorkommen. Im folgenden zeigt sich Scherrer als besorgter Wissenschaftler, der – 1945! – die Abzweigung von Spaltstoff für Kernwaffen als ernsthafte Gefahr einstuft.*

Kommentar

Uran^{235} und Plutonium. Nur für die Uranbombe muß das Uran-Isotop U^{235} vom U^{238} abgetrennt werden. Diese Abtrennung von U^{235} ist aber außerordentlich schwierig, und nur der Physiker kann verstehen, was für eine ungeheure geistige und technisch-experimentelle Leistung in den Forschungs-Laboratorien von Los Alamos und in den Trenn-Anlagen von Oakridge vollbracht worden ist, wo das U^{235} hergestellt wird.

Heute wird auch **Plutonium** in großen Mengen künstlich erzeugt; es entsteht sogar als **Nebenprodukt** in der Uran-Atomenergie-Maschine. Es ist daher **leider** so, daß mit der **Erzeugung der Energie durch U^{235}-Spaltung** die Erzeugung von Plutonium gekoppelt ist: d.h. wer die **Maschine hat, hat auch das Material zur Atombombe**. Diese Verknüpfung von Maschine und Bombe ist sehr bedauerlich, aber sie läßt sich im Augenblick nicht ändern, und sie ist auch der Grund dafür, daß die angelsächsischen Regierungen so sehr zögern, die Atommaschine der ganzen Welt zugänglich zu machen.

Plutonium als Nebenprodukt

Atommaschine

Um die Wirkungsweise der Atommaschine zu verstehen, muß man wissen, daß die **Spaltung** des U^{235} **nur mit langsamen Neutronen** wirkungsvoll vor sich geht. Mittelschnelle und schnelle Neutronen sind fast unwirksam. Das Uran^{238} dagegen

fängt gerade **mittelschnelle** Neutronen ein, absorbiert sie, um sich dann in Plutonium zu verwandeln. Von langsamen Neutronen will das U^{238} nichts wissen, es reflektiert sie einfach elastisch.

Uran-Spaltung nur mit langsamen Neutronen

Für die Durchführung der Kettenreaktion ist das verschiedene Verhalten der beiden Uran-Isotopen von allergrößter Wichtigkeit: Die Neutronen, welche von U^{235} beim Zerfall ausgesandt werden und welche die Reaktion weiter fortpflanzen sollen, sind schnelle Neutronen. Sie können also, weil U^{235} nur mit langsamen Neutronen reagiert, nicht direkt von andern U^{235}-Kernen eingefangen werden und deren Spaltung veranlassen, sondern sie müssen **erst verlangsamt** werden. Diese Verlangsamung geschieht im Uran durch Zusammenstöße mit Urankernen, die beim Stoß etwas Geschwindigkeit bekommen und daher dem stoßenden Neutron Energie wegnehmen.

Macht man diese Verlangsamung aber im Uran, so werden diese Neutronen immer einmal gerade diejenige mittlere Geschwindigkeit bekommen und durchlaufen, welche die günstigste ist, um von U^{238} eingefangen zu werden. D.h. fast alle schnellen Neutronen werden von U^{238} weggeschluckt, bevor sie verlangsamt sind und weitere Spaltung des nur in geringer Konzentration vorhandenen U^{235} bewirken können. Die Kettenreaktion muß wegen des Fehlens langsamer Neutronen, auch wenn sie einmal eingeleitet ist, bald wieder erlöschen.

U^{238} hinderlich

Moderator

Die amerikanischen Physiker hatten nun die in ihrer Einfachheit geniale Idee, die **Verlangsamung** der bei Spaltung des U^{235} entstehenden schnellen Neutronen **nicht im Uran**, sondern **außerhalb desselben** in einem sog. **Moderator** vorzunehmen. Als Moderator kann man irgend ein Element verwenden, dessen Kerne keine Neutronen verschlucken. Man kann zeigen, daß hierfür besonders schwerer Wasserstoff, Helium, Beryllium, Kohlenstoff oder Sauerstoff in Frage kommen.

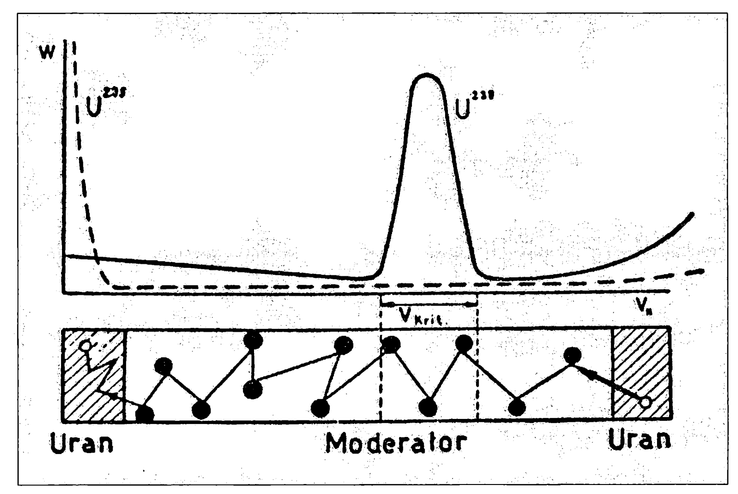
Bremsung außerhalb des Urans

Man hat die Atomenergiemaschine daher aufgebaut aus ganz reinem Graphit, in welchem in berechneten Abständen Uranblöcke oder Uranstangen bestimmter Dimension eingelagert werden.

Beim Aufbau einer solchen Maschine findet man, daß die Kettenreaktion **von selbst zündet**, wenn eine bestimmte Größe derselben erreicht ist: Die in der kosmischen Strahlung vorhandenen Neutronen genügen nämlich, um die Reaktion einzuleiten. Die Neutronenzahl in der Maschine wächst dann rasch

Kosmische Zünder

an und damit die Energieproduktion, welche durch Zerfall des U^{235} entsteht. Die Atomenergie entsteht in Form von Wärme, und die Temperatur der Uranstäbe steigt schnell. Wenn man die Reaktion nicht steuern würde und die Neutronenzahl nicht



Schema des Moderators. Die beiden Kurven stellen die Einfangwahrscheinlichkeiten für Neutronen verschiedener Geschwindigkeiten in U^{235} und U^{238} dar. Darunter ist die Verlangsamung eines von rechts aus dem Uran kommenden Neutrons im Graphit und der Einfangprozeß des verlangsamten Neutrons in einem zweiten Uranblock links dargestellt

regeln könnte, würde die Maschine bald auf sehr hohe Temperatur erhitzt, die Uranstäbe würden schmelzen und verdampfen und die Maschine würde zerstört.

Steuerung mit Borstäben

Nun läßt sich aber die Neutronenzahl leicht auf einem konstanten gewünschten Niveau halten dadurch, daß in vorgesehene Hohlräume im Graphit **Stäbe aus einer stark borhaltigen Legierung** eingetaucht werden. Bor ist nämlich ein Element, das langsame und mittelschnelle Neutronen sehr stark schluckt; dabei zerfällt der Borkern in Lithium und Helium, und diese Neutronen sind für die Kettenreaktion verloren. Diese Steuerung der Kettenreaktion erwies sich als sehr viel leichter als ursprünglich vermutet wurde. Die Steuerung braucht auch gar nicht sehr rasch vor sich zu gehen, denn die Zunahme der Wärmeproduktion bei zu geringer Steuerwirkung durch die Borstäbe geht langsam vor sich. Dies hat seinen Grund in einer Erscheinung, die man früher nicht genügend beachtet hatte. Die Neutronen, welche bei der Zerspaltung des U^{235} entstehen, werden zum Teil beim Spaltungsprozeß momentan ausgesandt; zu einem gewissen Prozentsatz handelt es sich aber um **verzögerte Neutronen**, die später, nach Sekunden noch, von den Spaltprodukten ausgesandt werden. Infolge dieses verzögerten Ablaufes der Neutronenproduktion, und weil es sich ja nur darum handelt, einen ganz geringen Überschuß von Neutronen zu regulieren, der sich erst allmählich verstärken würde, wenn nichts dagegen getan würde, spielen diese verzögerten Neutronen eine große Rolle

Verzögerte Neutronen wesentlich

in der Bilanz des Apparates, und man hat sehr schön Zeit, in den Prozeß einzugreifen.

Neutronenbilanz

Man muß sich den Prozeß in der Maschine also folgendermaßen vorstellen: Ein langsames Neutron der kosmischen Strahlung bewirkt den Zerfall eines U^{235}. Die entstehenden schnellen Neutronen, die eine große Reichweite haben, fliegen aus dem Uran in den umgebenden Graphitmoderator und werden dort durch Zusammenstöße mit den Kohlenstoffkernen des Graphits verlangsamt. Nachdem ihre Geschwindigkeit sehr tief abgesunken ist, fliegen sie wieder in den nächsten Uranstab hinein. Weil sie nun so langsam sind, ist die Wahrscheinlichkeit eines Einfangs durch ein U^{238}-Atom sehr gering geworden. Sie können viele elastische Zusammenstöße mit U^{238}-Kernen durchmachen, ohne weggeschluckt zu werden, bis sie schließlich auf ein U^{235} treffen und dort wieder Spaltung hervorrufen. Die bei der Spaltung entstehenden schnellen Neutronen erfahren dasselbe Schicksal, sie werden wieder im Graphit verlangsamt, nicht im Uran. Dadurch kommen sie, erst verlangsamt, in einen weiteren Uranstab.

Wirkungsweise des Moderators

Was Scherrer vor- und nachstehend beschreibt, sind die Grundlagen für die Regelbarkeit einer Atommaschine, die wir längst Reaktor nennen.

Kommentar

Man muß natürlich nun für die vorliegende Uran-Graphit-Anordnung die **Neutronenbilanz** aufstellen. Von den Neutronen, welche zu einer bestimmten Zeit in der Maschine vorhanden sind, werden nicht alle wieder nach passender Verlangsamung weitere Uranatome zerlegen: **ein gewisser Bruchteil der Neutronen geht verloren**. Die Verluste der Maschine an wirksamen Neutronen sind verschiedener Art: Ein Teil der Neutronen entweicht aus der Maschine in die Umgebung, ein anderer Teil wird von Verunreinigungen im Graphit oder im Uran weggefangen und macht unerwünschte Kernprozesse, die nicht wieder Neutronen liefern. Ein weiterer Teil wird im Moderator nicht genügend verlangsamt und wird dann doch noch vom U^{238}-Kern eingefangen und gibt zu der oben beschriebenen Plutonium-Umwandlung Anlaß. Bei Verwendung von reinem Uran und reinem Graphit in passender geometrischer Anordnung ist die Neutronenbilanz positiv, d.h. die Neutronenzahl vermehrt sich dauernd. Wenn nichts dagegen getan wird, wird die Maschine zerstört.

Neutronen-Verluste

Positive Neutronen-Bilanz

Durch passendes Eintauchen von Borstäben muß die Vermehrung gebremst werden. Die Regulierung dieser Eintauchtiefe geschieht durch Neutronen-Meßapparate, die über Verstärker und Servomotoren die Borstäbe bewegen.

In den Vereinigten Staaten von Amerika laufen viele solcher Atomenergiemaschinen. Die erste in Chicago aufgestellte Anlage wurde am **2. Dezember 1942 in Betrieb** genommen und läuft nun fast drei Jahre ununterbrochen. Weitere Versuchsanlagen, die etwa 1000–2000 kW Wärmeleistung haben und Versuchszwecken dienen, laufen in Chicago und Clinton. Eine Maschine von 1000 kW Leistung ist ungefähr ein Graphitblock von 2x2x2 m Größe. Großanlagen mit über 600 000 kW Leistung wurden in Pasco-Hanford im Staate Washington errichtet. In diesen Anlagen wird das für die Atombombe benötigte Plutonium hergestellt. Die dabei erzeugte Wärme wird einfach in den Columbiariver abgeführt. Bei diesen Anlagen müssen natürlich zur Plutoniumgewinnung die Uranstäbe von Zeit zu Zeit herausgenommen werden. Die Abtrennung des Plutoniums vom Uran ist unvergleichlich viel leichter als die Trennung der Uran-Isotope, weil es sich ja beim Plutonium um ein vom Uran verschiedenes chemisches Element handelt, das von Uran ohne weiteres chemisch getrennt werden kann, während die Isotopentrennung ein ganz außerordentlich schwieriges und kostspieliges Unternehmen ist. Wenn das Plutonium aus den Uranstäben nicht herausgenommen wird, so nimmt es (weil es ja mit langsamen und mittelschnellen Neutronen spaltbar ist) an der Kettenreaktion teil. So wird also auch das $Uran^{238}$ indirekt zur Energieproduktion herangezogen. Es ist jedoch nicht bekannt, bis zu welchem Grad das $Uran^{238}$ abgebaut werden kann, ohne daß die Neutronenbilanz der Maschine negativ wird.

USA: Versuchsanlagen ...

... und Plutonium-Gewinnung

Es kann nicht genügend darauf hingewiesen werden, daß die Uranmaschine vorläufig **nur als Großmaschine** von etwa 1000 kW an aufwärts in Frage kommt. Das Märchen von der Uranpastille, die in den Motor gebracht, ein Jahr lang ein Auto treiben soll, ist in das Reich der Fabel zu verweisen. Die Physik sieht noch gar keine Möglichkeit für eine Kleinmaschine dieser Art.

Nur Groß-Maschinen!

<u>*Kommentar*</u>

Was Spaltungs-Reaktoren betrifft, hat Scherrer recht, doch ahnte er den Isotopengenerator nicht voraus, worin die Strahlungsenergie radioaktiver Stoffe in »Pastillenform» unmittelbar in Wärme- oder Elektro-Energie umgewandelt wird. Erstaunlich aber, daß Scherrer bereits die Idee für Leichtwasser- und Gas-Reaktoren erwähnt, wo man doch erst Schwerwasser und Graphit als Moderatoren kannte.

Neutronenstrahlung

Auch darf man nicht vergessen, daß die Atommaschine starke Neutronenstrahlung liefert, welche für den Menschen sehr schädlich ist und abgeschirmt werden muß. Diese Abschirmung durch Wasserwände von mindestens einem Meter Dicke und passende Betonwände bringt ein sehr großes Gewicht der Anlage mit sich.

Strahlenabschirmung

Leider ist es vorläufig so, daß die Physik keinen Weg sieht, die Energie in anderer Form herauszunehmen als in der beim Techniker nicht beliebten Form der Wärme. Bei der Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische oder elektrische Energie entstehen bekanntlich Verluste, die durch den sogenannten Entropiesatz reguliert werden. Der Wirkungsgrad einer Wärmemaschine wird allerdings umso größer, je höher die Temperatur ist, bei welcher sie arbeitet. Es scheint, daß mit einer Uranmaschine bis auf etwa 1000 °C Anfangstemperatur gegangen werden könnte. Bei 1160 °C schmilzt das Uran. Es wäre schwierig, für dieses ziemlich aggressive Metall Behälter zu finden, in denen man mit dem geschmolzenen Metall bei höherer Temperatur arbeiten könnte, ohne die Neutronenabsorption zu steigern und dadurch die Bilanz der Maschine zu gefährden.

Brennstoff nur bis 1000 °C ?

Atomenergie-Anlage

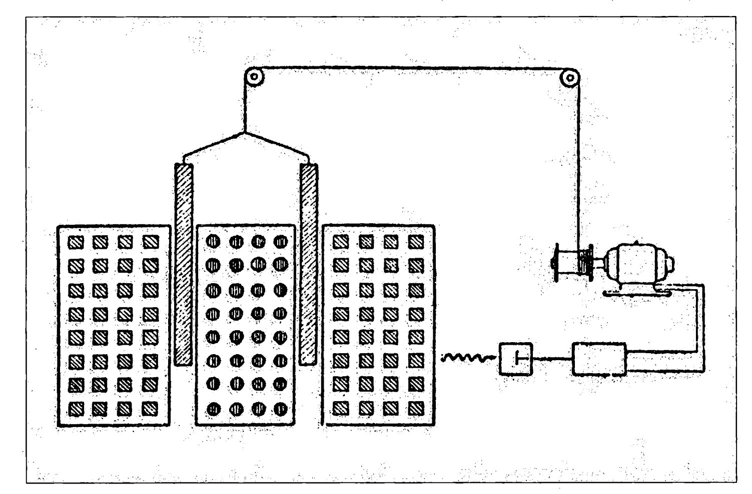
Die ganze Atomenergie-Anlage sieht etwa folgendermaßen aus: In einem großen Graphitblock von mehreren hundert Tonnen Gewicht ist eine ungefähr gleich schwere Uranmenge so eingebettet, daß die Uranstäbe während des Betriebes ausgewechselt werden können. Die Uranstäbe sind zum Schutz gegen Korrosion, und um Verluste von entstehenden radioaktiven Substanzen zu verhindern, in Aluminiumhüllen verpackt. Stäbe aus Borstahl werden an bestimmten Stellen in Kanäle regulierbar eingetaucht. Die im Uran durch Spaltung von U^{235} und durch andere nebenher laufende Kernprozesse entstehende Wärme wird durch einen Wärmeträger abgeführt und in einer Dampfturbine, Gasturbine oder als Heizwärme verwertet. Man könnte z.B. Wasser erhitzen und verdampfen und den Dampf einer Dampfturbine zuführen. Man könnte auch Helium oder Sauerstoff als Wärmeträger verwenden und mit dem erhitzten Gas eine Gasturbine betreiben. Für die Maschinenindustrie gibt es hier interessante Arbeit, um im Zusammenwirken mit den Physikern für die Atommaschine die günstigste Form zu finden.

Uranstäbe in Aluminiumhüllen

Dampf- oder Gasturbinen

Unangenehme Spaltprodukte ...

Sehr unangenehm ist die Tatsache, daß beim Zerfall des U^{235} Spaltprodukte entstehen, welche sehr stark radioaktiv sind, sodaß man pro kg zerfallendes $Uran^{235}$ eine annähernd gleiche Gewichtsmenge kurzlebiger radioaktiver Elemente, darunter radioaktive Gase bekommt. Dazu kommt natürlich noch eine



Schema der Atom-Energie-Maschine. In großen Graphitblöcken sind Stäbe aus natürlichem, nicht angereichertem Uran eingelagert, welche sich durch die Zerfallsprozesse erhitzen. Die Steuerung der Maschine geschieht durch Stäbe aus Borstahl, die in die Graphitblöcke mehr oder weniger tief eingetaucht werden. Dazu dient ein Servomotor, welcher durch einen Neutronen-Zählapparat über einen Verstärker bedient wird. Die Wärmeableitung durch einen Wärmeträger ist nicht eingezeichnet.

Plutoniummenge, deren Gewicht etwas geringer ist als dasjenige des zerlegten $Urans^{235}$. Diese radioaktiven Nebenprodukte können zum Teil in der Medizin verwendet werden, aber deren Menge ist so groß, daß die Physiker bis jetzt keinen Verwendungszweck für dieselben wissen: (Man hat z.B. an radioaktive Lichtquellen nach Art der Leuchtzifferblätter gedacht.) Mit den Mengen, die bis jetzt in den großen Anlagen anfallen, könnten im Kriegsfall große Landstrecken unbewohnbar gemacht werden. Man sieht, daß die Vernichtung dieser Stoffe direkt ein Problem ist.

... ein Problem

Energiepreis

Was die Konkurrenzfähigkeit der neuen Energiequelle mit unserer Wasserkraftenergie anbetrifft, so ist zu sagen, daß die Atomenergie heute noch ziemlich teuer zu stehen kommt. So kostet allein das Uran mit der nötigen chemischen Aufarbeitung zur Herstellung einer kWh **elektrischer** Energie sicher über einen Rappen. Das Wasser, das uns vom Himmel geschenkt wird, ist heute noch viel billiger. Außerdem gibt es in der Schweiz bestimmt keine irgendwie ausbeutungswürdigen Uranvorkommen (das Uran, das in allen Gesteinen in äußerst geringer Konzentration vorkommt, nützt uns hier nichts).

Noch viel teurer als Wasserkraft

Die Schweiz kann heute nichts anderes tun, als nach Möglichkeit ihre Wasserkräfte ausbauen und daneben die **Forschung auf dem Gebiete der Kernphysik** energisch fördern. Es ist äußerst wahrscheinlich, ja fast sicher, daß Kernreaktionen gefunden werden können, die mit anderen Elementen als Uran nutzbare Kettenreaktionen ergeben. Auch müssen wir unbedingt einen Stab von jungen Kernphysikern heranbilden, der unsere Industrie für die einsetzende Entwicklung zur Verfügung steht, damit wir hier nicht völlig in Abhängigkeit vom Ausland bleiben.

Forschung und Ausbildung wichtig

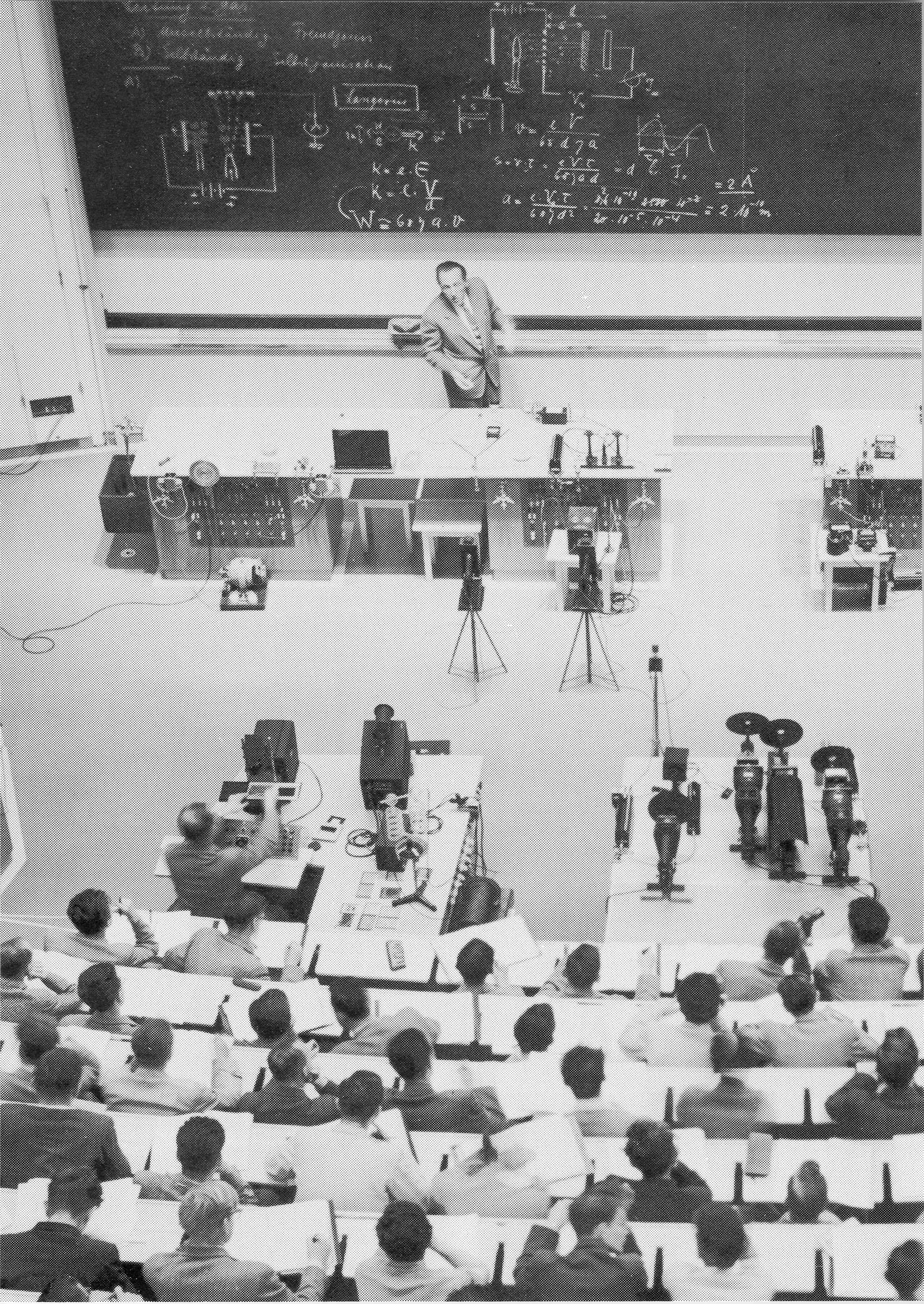
Man darf nicht vergessen, daß die Kernphysik ein sehr junger Wissenszweig ist. Die Forschung steht erst am Anfang einer großen Entwicklung. Aber es ist sicher, daß wir diese ungeheuren Energievorräte, die in den Kernen schlummern, nun in stetigem Strom gezügelt, auszulösen vermögen, und daß für die Energiewirtschaft ein neues Zeitalter anbricht, in dem wir von der Kohle loskommen können. Die Kohle kann dann zur Erzeugung von Kunststoffen, synthetischem Gummi, Benzin und all den vielen interessanten Hochpolymeren verarbeitet werden, nach denen die materialhungrige Technik verlangt. Jedes Land wird später einmal wenige Großenergieanlagen bauen, deren Wärme in elektrische Energie umwandeln, welche über die bestehenden elektrischen Verteilungsnetze den Konsumenten zugeführt wird. Auch sind große Fernheizwerke denkbar, die ganze Städte mit Wärme versorgen. Doch läßt sich für dieses jüngste Kind der Technik, das erst am Anfang seines Lebens steht, schwer ein genaues Schicksal voraussagen.

Kohle ersetzen

Fernheizung?

Scherrer hat also viele Anwendungen der Kernspaltung ebenso wie die komplementäre Rolle verschiedener Energieträger vorausgesehen, aber auch schon auf die Frage der Entsorgung radioaktiver Abfälle hingewiesen.

Kommentar



2. Kapitel

Die Anfänge in der Schweiz

Kernphysikalische Forschung wurde in der Schweiz bereits nach dem Ersten Weltkrieg betrieben. Führend war dabei das Physikalische Institut der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich unter Prof. Paul Scherrer. 1937 wurde dort sogar die Kernspaltung des Thoriums beobachtet, aber nicht als solche erkannt. Dank Scherrers Beziehungen in die USA war man in Zürich gleich nach dem Zweiten Weltkrieg zumindest qualitativ über die neuen grundlegenden Erkenntnisse zum Bau von Reaktoren im Bilde. 1945 rief der Bundesrat die «Studienkommission für Atomenergie» ins Leben, um die militärische Anwendung der Atomenergie im Ausland zu beobachten. Zusammen mit Walter Boveri war Scherrer auch treibende Kraft hinter der Gründung der «Reaktor-AG» im Jahre 1955.

Im November 1945 erregte ein Artikel des ETH-Professors Paul Scherrer in der «Neuen Zürcher Zeitung» Aufsehen nicht nur in der Schweiz, weil darin zum erstenmal im deutschsprachigen Raum die Funktionsweise einer «Atom-Maschine» – eines Reaktors nach heutigem Sprachgebrauch – qualitativ genau beschrieben wurde (s. 1. Kapitel). Diese Enthüllung von Erkenntnissen, die bis dahin von den Atommächten sorgsam gehütet worden waren, erscheint um so erstaunlicher, als die Schweiz nicht zu jenen Mächten zählte. Woher hatte Scherrer sein Wissen? Um auf diese Frage eine befriedigende Antwort zu geben, muß man etwas weiter ausholen, leuchtet aber dabei zugleich die Anfänge der kernphysikalischen Forschung und die Hintergründe aus, vor denen nach dem Zweiten Weltkrieg die Kerntechnik in der Schweiz Fuß faßte.

Woher das Schweizer Wissen?

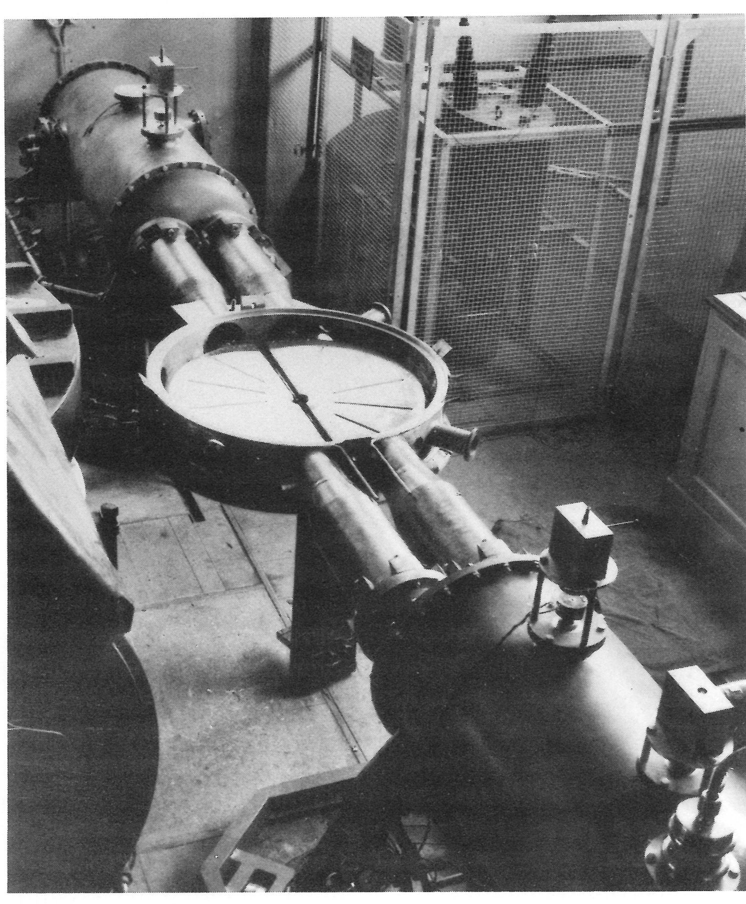
Schon vor 1939

Bereits wenige Jahre nach Beendigung des Ersten Weltkriegs, in den 20er-Jahren, beschäftigte sich das Physikalische Institut der Universität Genf unter Prof. E.C.G. Stueckelberger mit theoretischen kernphysikalischen Problemen. An der Universität Lausanne arbeitete Prof. Charles Haenny über chemisch-radioaktive Verfahren, die sich starker Neutronenquellen mit Beryllium bedienten. In Bern konstruierte Prof. Heinrich Greinacher anfangs der 30er-Jahre einen nach ihm benannten Hochspannungsgenerator, der sich als wichtiger Bauteil von Beschleunigern für Elektronen und Ionen in der Kern- und Elementarteilchenforschung erwies. Und nicht zuletzt befaßten sich die Professoren Paul Huber, Hans Erlenmeyer und Werner Kuhn am Physikalischen Institut der Universität Basel mit Massenspektrometern und Isotopentrennung.

Forschung schon in den 20er-Jahren

Zweifellos die führende Rolle unter den Schweizer Instituten hatte jedoch das Physikalische Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) an der Gloriastraße in Zürich inne, wo Prof. Paul Scherrer Regie führte. In St. Gallen geboren und in Göttingen akademisch ausgebildet, wurde Scherrer 1920, erst 30 Jahre alt, an die ETH berufen und 1927 zum Direktor des Physikalischen Instituts ernannt. Zunächst machte er sich einen Namen auf dem Gebiet der Kristallographie, als er zusammen mit Paul Debye das Debye-Scherrer-Verfahren erfand, eine Methode zur Analyse des Kristallbaus. 1925 wandte er sich der Kernphysik zu, einem Gebiet, das er während mehr als 40 Jahren mit seiner begeisternden und überzeugenden Persönlichkeit mitprägen sollte (in Anerkennung seiner wissenschaftlichen Leistungen wurde denn auch

ETH-Institut Scherrers führend



Das erste «Cyclotron» an der ETH Zürich wurde Ende der 30er-Jahre gebaut: In zwei flachen, durch einen Schlitz getrennten Halbkreisdosen laufen Ionen, die aus einer Ionenquelle im Zentrum kommen, im angelegten Magnetfeld auf Spiralbahnen von innen nach außen. Jeweils beim Überqueren des Schlitzes werden die Teilchen durch ein elektrisches Feld beschleunigt. Solche Kreisbeschleuniger ermöglichten es auch den Schweizer Physikern, selbständige kernphysikalische Forschung zu betreiben.

1988 das Forschungsinstitut in Würenlingen und Villigen ihm zu Ehren benannt (s. 6. Kapitel).

Scherrers Bedeutung für die schweizerische Kernphysik und Kerntechnik ist groß, zumal er viel mehr als nur ein erfolgreicher Wissenschaftler war. Er besaß nämlich eine außergewöhnliche Begabung, Studenten, Mitarbeiter und Zuhörer für die Physik zu begeistern. Wer je seine Vorlesungen besucht hat, wird die Anschaulichkeit seiner Darstellungsweise und Experimente wohl nie vergessen.

Scherrer, der Experimentator

Den Einfluß tiefster Temperaturen auf die Sprödigkeit eines Stoffes beispielsweise pflegte Scherrer zu demonstrieren, indem er eine tiefgekühlte und daher steifgefrorene reife Tomate mit Schwung gegen die Wand des Auditoriums warf, so daß sie in Tausende glasähnliche Stückchen zerbarst. Generationen von Studenten aus aller Welt haben die experimentelle Physik in dieser Weise zum ersten Mal und ebenso eindrucksvoll wie nachhaltig erlebt. Auch die Allgemeinheit vermochte er in öffentlichen Vorlesungen in gleicher Weise anzusprechen.

Beschleuniger ohne staatliche Hilfe

Ende der 30er-Jahre gelang es Scherrer, das Interesse der Öffentlichkeit auch für die neue kernphysikalische Forschung seines Instituts zu wecken – und damit zum nötigen Geld zu kommen. Scherrer selbst hat diese Bemühungen wie folgt beschrieben: *«Einer systematischen, von großem Optimismus getragenen Aktion, die durch unzählige aufklärende Vorträge unterstützt wurde, gelang es 1937, die nötigen Mittel für den Bau von Beschleunigungsmaschinen zu sammeln. Dem sog. <Cyclotronfonds> wurden aus allen Kreisen der Industrie und der Wirtschaft und von Privaten namhafte Beiträge überwiesen; in den Jahren 1935–1940 konnten dann drei Beschleuniger, darunter das ETH-Cyclotron, ohne staatliche Hilfe gebaut werden.»*

Neutronen kommen ins Spiel

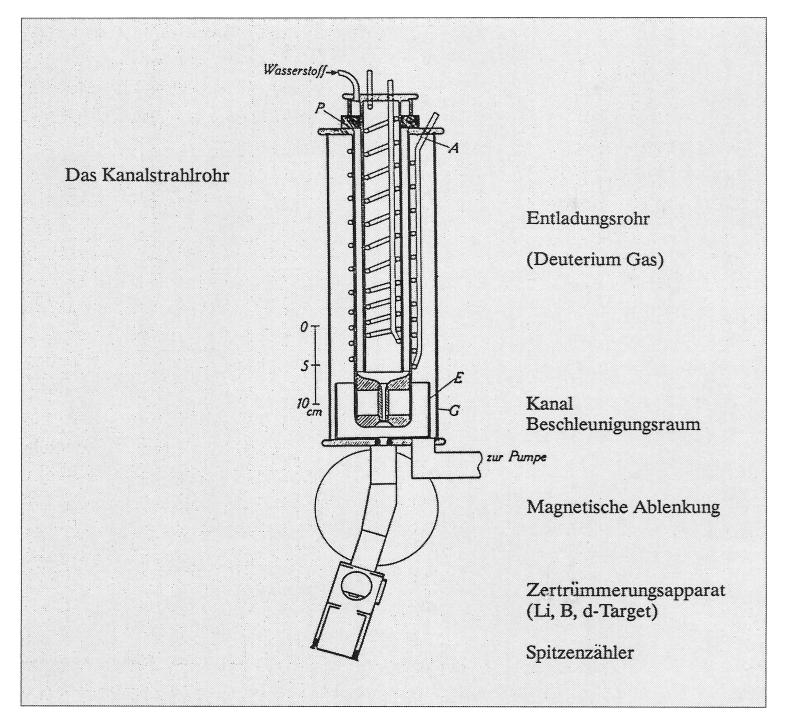
Auf diese Art und Weise Forschungsgelder zu beschaffen, war zu jener Zeit alles andere als üblich. Sein ungewöhnliches Vorgehen versetzte Scherrer aber in die Lage, die kernphysikalische Forschung in der Schweiz anzuregen und mit dem Bau von Beschleunigungsanlagen das nötige Handwerkszeug zu schaffen, um international mithalten zu können. Die große Ausbeute an wissenschaftlichen Arbeiten trug dem Physikalischen Institut der ETH damals Weltruf ein.

1937: In Zürich Thorium mit Neutronen beschossen ...

1937 verpaßten Scherrer und seine Mitarbeiter die Entdeckung der Kernspaltung ebenso knapp wie drei Jahre zuvor der Italiener Enrico Fermi. 1931 hatte Chadwick in Großbritannien das Neutron entdeckt. Wie an vielen Orten der Welt, so begann man auch in Zürich mit dem neuen Kernteilchen zu experimentieren. Dabei wurden Atomkerne des Thoriums mit Neutronen beschossen und in einer Ionisationskammer als Reaktionsprodukte, neben den erwarteten Alpha-Teilchen, auch Teilchen sehr hoher Energie beobachtet. Braun, Preiswerk und Scherrer beschrieben sie in der britischen wissenschaftlichen Zeitschrift «Nature» so: *«Preliminary measurements have shown that these alpha-particles possess an energy greater than 9 million electronvolts».* Sie glaubten also, in vorläufigen Messungen Alphateilchen erkannt zu haben, deren Energie mehr als 9 Millionen Elektronvolt betrage. In Wirklichkeit hatten sie die Spaltung von Thoriumkernen durch schnelle Neutronen gesehen, aber die Spaltprodukte nicht richtig identifiziert.

... Kernspaltung nicht richtig gedeutet

Im Dezember 1938 waren Otto Hahn und Fritz Straßmann in Deutschland glücklicher: Sie fanden bei der Bestrahlung von Uran mit Neutronen mittelschwere Kerne, die von Lise Meitner und Otto Frisch bald darauf als Bruchstücke des Urankerns



1935 baute der Scherrer-Schüler Kessar Alexopoulos dieses «Kanalstrahlrohr», einen Beschleuniger, bestehend aus einer Gasentladungsröhre (oberer Teil) und einer 140-Kilovolt-Beschleunigungsstrecke (unterer Teil): Die beschleunigten Atomkerne von Wasserstoff und Deuterium treffen im Zertrümmerungsapparat (ganz unten) auf eine Zielscheibe (Target) aus Bor, Lithium und Deuterium. Damit gelang an der ETH Zürich eine künstliche Umwandlung von Deuterium zu Helium, wie sie erstmals zwei Jahre zuvor in Cambridge, England, nachgewiesen worden war – das Physikalische Institut an der Gloriastraße reihte sich in die vorderste Forschungsfront ein.

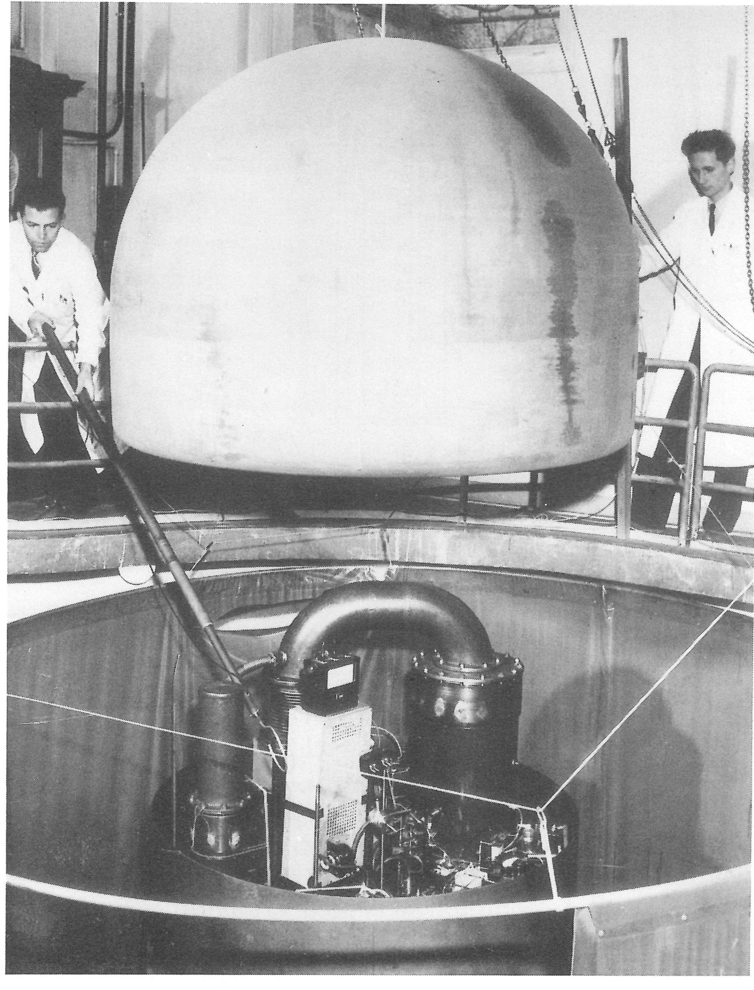
1938: Hahn und Straßmann glücklicher

erkannt wurden. Meitner und Frisch verwendeten als erste den Begriff «Kernspaltung» und das gleichbedeutende «Fission». 1939, vermutlich schon im Frühjahr, entdeckten Leo Szilard und andere in Amerika, daß bei der Spaltung eines Urankerns außer den Spaltprodukten noch zwei oder drei Neutronen frei werden. Das ließ nun eine Kettenreaktion möglich erscheinen, doch, wie A.H. Compton in seinen Erinnerungen schreibt, wurde auf Betreiben von Szilard und anderen eine Publikation dieses Fundes zunächst unterdrückt. Man wollte nicht, daß die Deutschen davon erfuhren und dadurch Hinweise zum Bau einer Atombombe erhielten. Praktisch zeitgleich mit den amerikanischen Wissenschaftlern machten aber auch von Halban, F. Joliot und L. Kowarski in Frankreich die selbe Entdeckung, und sie publizierten ihre Resultate im März. Die Amerikaner folgten im April. Nun wußten natürlich auch Hahn und seine Mitarbeiter von diesen Sekundär-Neutronen.

1939: In USA und Frankreich Spaltneutronen entdeckt

Aber auch an der Gloriastrasse in Zürich hatte man bald Kenntnis von den Spalt- oder Sekundärneutronen: Im Juli 1939 bestimmte hier Helmut Bradt, ein aus Deutschland emigrierter Student, im Rahmen seiner Diplomarbeit ihre Zahl zu $2{,}95 \pm 0{,}5$ je gespaltetem Urankern. Der richtige, später an anderen Orten und mit besseren Mitteln gemessene Wert ist 2,46.

Diese wenigen Fakten zeigen, daß man in jener Hoch-Zeit der Physik an Scherrers Institut sehr genau wußte, wo die



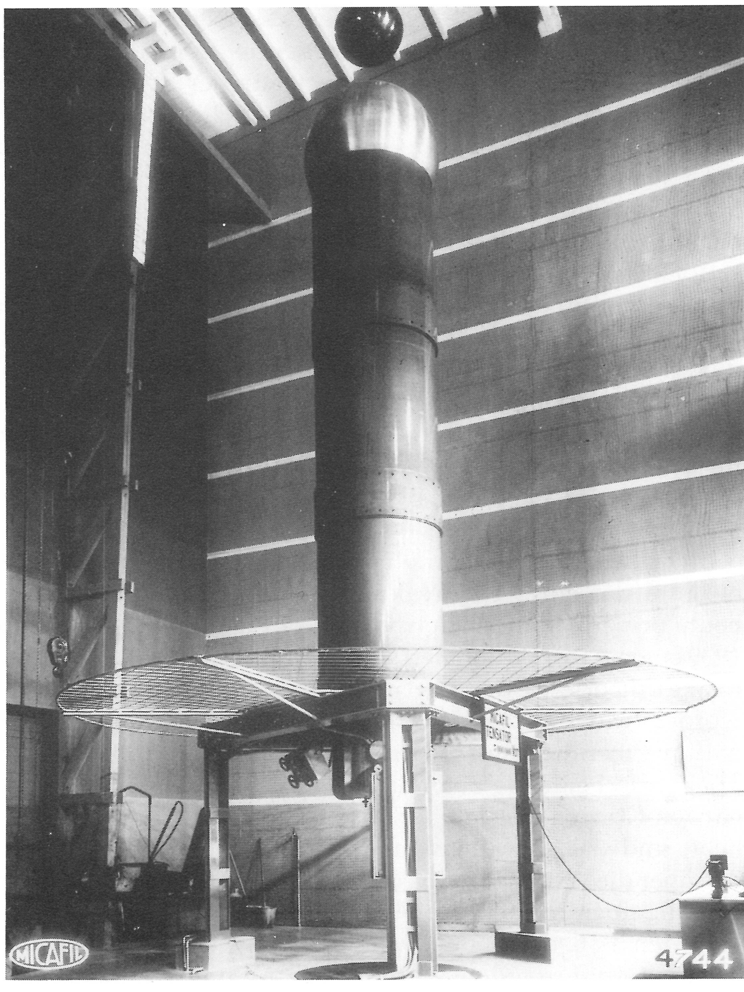
Der an der ETH Zürich gebaute «Tensator», eine Einrichtung zur Erzeugung von Hochspannung für die Beschleunigung elektrisch geladener Teilchen bzw. Ionen zu kernphysikalischen Versuchen. Die Ionenquelle unter der Kugel-Elektrode wird hier von Rudolf Meier und Alain Colomb, damals Studenten am Institut von Paul Scherrer, eingestellt.

Forschungsfront verlief, und daß das Institut selbst an dieser Front mitmischte. Paul Scherrer hatte Physiker herangebildet, die in der Lage waren, die fundamentalen Entdeckungen der 30er-Jahre sogleich als solche zu erkennen und später, nach dem Zweiten Weltkrieg, aus den spärlichen erhältlichen Informationen die richtigen Schlüsse zu ziehen.

ETH Zürich im Bilde

6. August 1945: Erste Atombombe über Japan

Die Nachricht vom Abwurf der Atombomben durch die USA im Krieg gegen Japan löste auch in der Schweiz eine eingehende Diskussion über die wissenschaftliche, strategische und politische Bedeutung dieses Ereignisses aus. Bei der Suche nach wissenschaftlichen Quellen jener Zeit stößt man auf zwei



Auf der Schweizer Landesausstellung 1939 wurde auch der Tensator gezeigt. An der Skala links oben (unter dem Dachfenster) konnten die verblüfften Besucher die Länge – etwa ein Meter – der Blitze abschätzen, die zufolge der Hochspannung von der Kugelelektrode zur Kugel (ganz oben) überschlugen.

Artikel der «Neuen Zürcher Zeitung», die wenige Tage nach dem 6. August 1945 erschienen und Prof. Stueckelberger bzw. Otto Huber und Peter Preiswerk zu Verfassern hatten. Beide Artikel beweisen, daß man damals in der Schweiz kaum mehr wußte als schon 1939. Stueckelberger schreibt ausdrücklich: «*Die Nachricht von der Atombombe war für uns Schweizer Physiker eine Überraschung*». Er erklärt seinen Lesern die Atombombe als eine Kettenreaktion von Kernspaltungen, aber er spekuliert nicht einmal darüber, wie eine solche Kettenreaktion zustandegebracht worden sei. Hingegen ist für Huber und Preiswerk einige Tage später bereits klar, daß ohne Trennung der Uranisotopen eine Kettenreaktion nicht möglich gewesen sein konnte. Demnach mußte die Isotopentrennung in großem Maßstab gelungen sein, und sie vermuteten, dazu seien riesige Massenspektrometer eingesetzt worden.

Bombe dennoch eine Überraschung

Dann erschien am 28. November desselben Jahres 1945 der eingangs erwähnte Artikel «Atomenergie» von Paul Scherrer in der Technik-Beilage der «Neuen Zürcher Zeitung». Sein Inhalt läßt keinen Zweifel daran, daß Scherrer im Prinzip darüber im Bilde war, wie man eine Atom-Maschine, also einen Reaktor, bauen kann. Wie kam es, daß Scherrer nur vier Monate später so ungleich besser informiert war als Stueckelberger, Huber und Preiswerk?

Scherrers NZZ-Artikel: Woher das Wissen?

Viele der fundamentalen Fakten, die Scherrer da vor einem staunenden Publikum ausbreitete, waren bis dahin von den Atommächten streng geheimgehalten worden, insbesondere die Entdeckung des Plutoniums und seiner Spaltbarkeit, die Überwindung der Resonanzabsorption durch die räumliche Trennung von Spaltstoff und Moderator, die Entdeckung der für die Regelung so wichtigen verzögerten Neutronen, und schließlich die Trennung der Uranisotopen in industriellem Maßstab.

Zwar war jedem Atomphysiker bereits im Sommer 1939 bekannt, daß eine Kettenreaktion mit ungeheurer Energieausbeute prinzipiell möglich war. In Berlin hatte Flügge im Juni 1939 einen Artikel publiziert, der eigentlich schon eine richtige Reaktortheorie ist und der natürlich auch in Zürich gelesen worden war. Dann jedoch legte der Krieg strikte Geheimhaltung über die Physik, denn man war sich bewußt, daß hier kriegsentscheidende Potentiale liegen konnten. Während des ganzen Krieges wurde über das Thema kein Wort veröffentlicht, und das gewaltige amerikanische Manhattan-Projekt, das über die erste Kettenreaktion – in einem Reaktor unter der Tribüne eines Chicagoer Fußballstadions am 2. Dezember 1942 – in den Bau der ersten Atombomben mündete blieb unbekannt. Und trotzdem schreibt Scherrer im November 1945, also gleich nach Kriegsende, seinen Artikel!

Manhattan-Projekt der USA streng geheim

In der selben Mittags-Ausgabe der «Neuen Zürcher Zeitung» stand nicht nur der technische Beitrag von Paul Scherrer, sondern auch einer von ETH-Professor Bruno Bauer: Diese erste öffentliche Abhandlung über die energiewirtschaftliche Bedeutung der Atomenergie stellte eine mögliche Verwendung für Fernheizzwecke in den Vordergrund.



Paul Scherrer, immer zu einem Scherz aufgelegt, demonstriert beim Spatenstich für die Gebäude der Reaktor AG auf der Beznau-Wiese im April 1955 seine Überzeugung, die Atomenergie eigne sich vor allem für die Fernheizung, auf drastische Art und Weise.

Woher die Informationen?

Einer der Gründe für den erstaunlichen Informationsstand der ETH-Forscher ist zweifellos in dem Umstand zu suchen, daß das Physikalische Institut in den 30er-Jahren auf dem Gebiet der Kernphysik Weltgeltung erlangt hatte. Folglich besaßen

die Zürcher Verbindungen in alle Welt – und nichts ist dem Informationsfluß zuträglicher als Kontakte zu Fachkollegen.



Werner Zünti, einer von Scherrers Mitarbeitern an der ETH Zürich, später Direktor des EIR.

Einen zweiten, wohl gewichtigeren Grund führen Werner Zünti und Otto Huber, zwei Mitarbeiter von Scherrer, ins Treffen. Nach ihren übereinstimmenden Aussagen hielt sich Scherrer im Spätsommer 1945 in Amerika auf. Der Amerikaner C.G. Suits, der in den 30er-Jahren bei Scherrer in Zürich promoviert hatte und 1945 Forschungsleiter bei General Electric in Schenectady im Staat New York war, hat bestätigt, daß Paul Scherrer den Sommer 1945 bei ihm in Schenectady zubrachte. Auch wenn Suits es nicht glauben mochte, weil die Geheimhaltungsvorschriften es nicht erlaubt hätten: Gemäß Zünti traf Scherrer in Amerika mit General L.R. Groves, dem Leiter des Manhattan-Projekts, zusammen, und die Amerikaner hätten Scherrer damals viel gezeigt, insbesondere auch die Hanford-Reaktoren zur Herstellung von Bomben-Plutonium.

Scherrers Reisen und Verbindungen

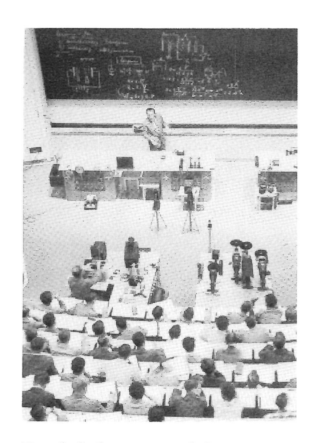
Nach Züntis Erinnerung kehrte Scherrer aus den USA zurück in der – für ihn typischen – Meinung, *«daß alles ganz einfach sei»* und jedenfalls viel besser informiert, als irgend jemand anderer in der Schweiz es damals sein konnte. Scherrer brachte auch den Smyth-Report mit und trug im Physikalischen Seminar der ETH mehrmals darüber vor. Dieser Bericht von H.D. Smyth von der Princeton Universität war im August 1945 in den USA veröffentlicht worden und hatte dort einen regelrechten Informationsschub bewirkt. Er diente primär der Orientierung der amerikanischen Öffentlichkeit nach der Explosion der Atombomben über Japan. Smyth bot rein qualitativ, aber doch erstaunlich tiefgehend den damaligen Stand des Wissens dar. Das einzige Quantitative darin waren Angaben über die verzögerten Neutronen – verständlich, denn gerade diese spielen ja beim Bau von Bomben gar keine Rolle.

Allein vor dem Hintergrund der Summe all dieser Facetten ist die Informationsdichte in Scherrers Artikel vom 28. November 1945 zu erklären.

Das Wissen wird erweitert

Die Öffentlichkeit aufklären!

Im Anschluß an die ereignis- und erkenntnisreichen Monate des Jahres 1945 gingen Scherrer und seine Mitarbeiter mit großer Energie daran, einerseits die noch fehlenden Informationen zu beschaffen und andererseits die Öffentlichkeit zu orientieren, um das Interesse für die Kernenergie zu wecken. Am Schluß des Smyth-Reports hieß es nämlich: *«The people ... must be informed if they are to discharge their responsibilities wisely»* – Die Öffentlichkeit ... muß aufgeklärt werden, wenn sie ihre Verantwortung weise wahrnehmen soll. Und diesem



Paul Scherrer zelebriert im großen Hörsaal des Physikalischen Instituts der ETH Zürich an der Gloriastraße eine seiner Experimental-Vorlesungen, die ob ihrer Anschaulichkeit sogar vom allgemeinen Publikum besucht wurden.

Gedanken folgend, setzte sich Scherrer in politischen, wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Kreisen intensiv für die Nutzung der Kernenergie ein.

Schon ein Jahr später, im November 1946, verfaßte Werner Zünti einen Bericht über die «Wirtschaftliche Anwendung des Uranofens». Diese unveröffentlichte Arbeit ist bereits sehr konkret, und Zünti dringt hier schon weit in konstruktive Probleme und Details ein. Was beweist, daß im Institut an der Gloriastrasse gleich nach den Ereignissen des Jahres 1945 intensiv darüber nachgedacht wurde, wie man auf der Basis eines Atomofens ein Kraftwerk bauen könnte.

Ein erstaunlicher Beweis für Scherrers reges Interesse am Kraftwerkbau findet sich im Archiv der ETH Zürich. Und zwar hielt er im Wintersemester 1946/47 eine Vorlesung über «Atomphysik und Atomenergie». Der Student Niklaus Rott schrieb mit und schenkte, nachdem er selbst Professor für Strömungslehre an der ETH geworden war, seine Mitschrift dem Archiv. Danach rechnete Scherrer seinen Studenten eine Uranmaschine in Form eines Graphit-Reaktors vor, dessen hauptsächliche Auslegungsdaten die folgende Tabelle zeigt:

Moderator	Graphit 100 m^3 = 230 Tonnen
Spaltstoff	Natur-Uranstäbe 60 Tonnen, Stabdurchmesser 2 cm
Gitterabstand	10 cm
Kühlmittel und Wärmetausch	Gas/Gas
Energieerzeugung	100-MW -Gasturbine

Erstaunliche Weitsicht ...

Scherrer traf auch Annahmen über Investitionskosten und Energiegestehungskosten. Das Ergebnis sei hier mit den entsprechenden Zahlen für das Kernkraftwerk Beznau I verglichen, dessen Bau 1965 begonnen und 1969 abgeschlossen wurde (s. 10. Kapitel).

	Scherrer 1946	Beznau 1965
Leistung	100 MW_e	350 MW_e
Uranpreis	30 $/kg	13 $/kg
Investitionskosten	800 Fr./kW	1000 Fr./kW
Stromgestehungkosten	2,3 Rp./kWh	2,8 Rp./kWh

... dank Zusammenarbeit mit BBC

Scherrers Vorlesungsbeispiel aus dem Wintersemester 1946/47, hier bereits mit dem tatsächlichen Teuerungsfaktor 1,35 korrigiert, trifft die Realität 20 Jahre danach erstaunlich gut. Immerhin lag damals die Stromerzeugung mit Kernenergie noch weit in der Zukunft. Man darf aber wohl annehmen,

daß Scherrers Instinkt zu einem guten Teil auf dem Wissen von Ingenieuren der Firma BBC beruhte – eine Zusammenarbeit, von der noch zu sprechen sein wird.

Die Studienkommission für Atomenergie

Es ist sicherlich auch Scherrers Werben in politischen Kreisen zuzuschreiben, wenn mit der konstituierenden Sitzung vom 5. November 1945 die schweizerische Studienkommission für Atomenergie (SKA) ins Leben gerufen wurde. Die SKA hatte jedoch auch andere Geburtshelfer. Bereits Ende 1945 waren die Zürcher ETH-Professoren Tank und Bauer vom Post- und Eisenbahndepartement des Bundes beauftragt worden, eine Studie über den allfälligen Nutzen der Atomenergie für die schweizerische Energiewirtschaft anzufertigen. Die beiden Wissenschaftler kamen zu dem Schluß, die Atomenergie werde in den folgenden 50 Jahren wohl keine Umwälzung bringen. Eine Auffassung, die von den Verantwortlichen der Elektrizitätswirtschaft geteilt wurde, wie ihr geringes Engagement in den nächsten Jahren vermuten läßt.

1945: Bund gründet SKA

E-Werke skeptisch

Im Gegensatz dazu bekannte sich die exportorientierte Industrie unter Führung von Walter Boveri eindeutig zur Atomenergie: Die sich abzeichnende neue Technik sei durchaus mit der industriellen Basis der Schweiz vereinbar und entspreche nicht nur den Bedingungen des Kapitalmarktes, sondern auch dem Lieferprogramm der Maschinenfabriken. Der Blick über die Grenzen zeige jedoch, daß man einer internationalen Konkurrenz staatlich finanzierter Unternehmen mit fast unbegrenzten Forschungsetats gegenüberstehe – für die föderalistisch gegliederte Schweiz eine völlig ungewohnte Situation. Wenn die Schweizer Industrie eine Chance haben wollte, mußte sie zunächst den Wissensrückstand aufholen! Und dazu ersuchte sie einerseits den bestinformierten Wissenschaftler, nämlich Paul Scherrer, auf Kosten der Industrie junge Wissenschaftler gezielt auf dem Gebiet der Atomenergie aus- und weiterzubilden. Andererseits gelangte sie an den Bundesrat mit dem Anliegen, die Atomenergie mit Bundesmitteln zu fördern sowie eine Zusammenarbeit von Hochschulforschung und Industrieentwicklung zu koordinieren. Die Antwort des Bundesrates war eben die Gründung der SKA, womit der Bund nunmehr Mittel zur gezielten Forschung bereitstellte.

Export-Industrie für Atomenergie ...

... sucht Bundes-Hilfe

Scherrer präsidierte die SKA während der Zeit ihres Bestehens bis 1958. Unter den vorerst elf und später zwölf Mitgliedern waren, neben Bundesvertretern, hauptsächlich Professoren der Hochschulen vertreten, die, wie Bruno Bauer,

auch die Interessen der Elektrizitätswirtschaft wahrnahmen. Als Sekretär amtete Dr. A. Krethlow vom Eidg. Militärdepartement (EMD).

SKA plant ...

Die Kommission förderte und koordinierte die Grundlagenforschung und die Projektierung von Versuchsreaktoren. Sie nahm sich der Beschaffung spezieller Materialien an, z.B. von Schwerem Wasser und Spaltstoffen. Ende der 40er-Jahre wurden sogar konkrete Pläne zur Realisierung von Versuchsanlagen gefaßt.

... und fördert mit 10 Mio Franken

Für diese Zwecke gab die SKA zwischen ihrer Gründung und ihrer 1958 erfolgten Auflösung ungefähr 10 Millionen Franken aus, obwohl das Parlament am 18. Dezember 1946 einen Rahmenkredit von 18 Millionen für die ersten fünf Jahre bewilligt hatte. Infolge der rein wissenschaftlichen Ausrichtung war die SKA aber nicht in der Lage, die zur Verfügung stehenden Mittel auszuschöpfen. Insgesamt wurden annähernd 800 Fachbeiträge über Arbeiten, welche die SKA finanziert hatte, in der einschlägigen Literatur veröffentlicht.

Militärische Aspekte

Atomwaffen-Entwicklung?

Wie die Vertretung des Militärdepartements in der SKA zeigt, hielt man es damals in der Schweiz für nötig, auch die militärische Seite der Atomenergie zu beachten. Aufgrund der Meldungen aus den USA und anderen Ländern über die Möglichkeiten der Kernspaltung in der Waffentechnik hatten sich fast alle industrialisierten Staaten mit der Frage befaßt, ob sie eigene Untersuchungen zur Abklärung der Bedeutung von Atomwaffen durchführen sollten. Dementsprechend eingeschränkt war damals der Informationsfluß über diese Technik. Deshalb kann es nicht verwundern, daß auch die Schweiz Anstrengungen unternahm, um mehr darüber zu erfahren.

Grundsätzliche Fragen

Zudem stellte ja die Existenz von Atomwaffen die Schweiz vor grundsätzliche Fragen nach der Zukunft der Landesverteidigung und der bewaffneten Neutralität, d.h. nach der Notwendigkeit einer Ausrüstung der Schweizer Armee mit Atomwaffen. Es war sicher die Pflicht der Regierung in jener Zeit großer internationalen Spannungen, auf diese Fragen Antworten zu suchen. Auch später noch, nach dem de-facto-Verzicht der Schweiz Ende der 60er-Jahre auf Herstellung oder Erwerb von Atomwaffen und nach dem anschließenden Beitritt zum internationalen Vertrag über die Nichtverbreitung solcher Waffen, ist oft die Frage gestellt worden, ob und wie weit in jenen Anfangszeiten der Atomenergie-Forschung tatsächlich eine militärische Ausrichtung verfolgt worden sei.

Unter dem Eindruck der Atombombenabwürfe über Japan umschrieb der Bundesrat in der Verordnung zur Gründung der SKA deren Zweck offiziell mit «Koordination und Ausbau der wissenschaftlichen und technischen Studien für die Nutzbarmachung der Atomenergie». In geheimen, von Bundesrat und EMD-Vorsteher Karl Kobelt am 5. Februar 1946 unterschriebenen Richtlinien wurden zusätzlich die Aufgaben der SKA auf militärischem Gebiet festgelegt: Die SKA sollte *«die militärischen Behörden ... über den Stand der Entwicklung der Atomenergie-Verwendung für militärische Zwecke im Ausland orientieren»*, ferner *«die Mittel studieren, die uns ermöglichen, uns gegen Uran-Bomben und ähnliche Kriegsmittel möglichst wirksam zu schützen»* und *«überdies die Schaffung einer schweizerischen Bombe oder anderer geeigneter Kriegsmittel, die auf dem Prinzip der Atomenergie beruhen, anstreben»*.

Geheime Richtlinien für SKA

Dieser Auftrag an die SKA muß sicherlich im Lichte der damaligen Situation gesehen werden: Die Berücksichtigung militärischer Zielsetzungen erschien politisch zwingend, insbesondere was die Orientierung über den Entwicklungsstand militärischer Anwendungen und das Studium von Schutzmaßnahmen betrifft.

Orientierung, ...

Mit Priorität wurden denn auch die Auswirkungen von Atomwaffen-Explosionen eingehend untersucht, um Verhaltensregeln für die Armee im Ernstfall festzulegen. Diese Untersuchungen bildeten auch die Basis für den späteren Ausbau des Zivilschutzes. Über eine eigene Entwicklung von Atomwaffen wurde in der SKA, in Kreisen der Schweizerischen Offiziersgesellschaft und nach 1957 in der Öffentlichkeit sehr viel gesprochen. Aus verschiedenen Indizien kann man jedoch den selben Schluß ziehen wie alle jene Wissenschaftler und Ingenieure, die damals in diesem Bereich tätig waren: Sie sind sich darüber einig, daß es ein gezieltes Forschungsprogramm nie gegeben habe (s. auch 4. Kapitel).

... aber keine Forschung über Waffen

Als stärkstes Indiz für die Gültigkeit dieser Schlußfolgerung verfügte die Schweiz bis 1953 nicht über das notwendige Rohmaterial, insbesondere Uran, um direkt oder indirekt eine echte waffentechnische Forschung durchzuführen. 1953 kam die Schweiz im Rahmen eines Dreiecksgeschäftes mit Belgien und Großbritannien erstmals in den Besitz von ungefähr 10 Tonnen metallischem Natururan.

Kein Uran

Ein weiteres starkes Indiz kann man in der Erklärung von Bundesrat Karl Kobelt sehen, die er am 18. Dezember 1946 vor einer Ständeratskommission in geschlossener Sitzung abgab: *«Man muß sich kein falsches Bild machen; die Förderung der Atomforschung hat nicht in erster Linie den Zweck, nächstes Jahr im Militärdepartement eine fix-fertige Atombombe vorzulegen. Gewisse*

militärische Kreise verlangen dies zwar, sind sich aber über die tatsächlichen Möglichkeiten und Gegebenheiten nicht im klaren. Die Konstruktion der Atombombe würde offenbar längere Zeit in Anspruch nehmen. Was wir aber können, ist, daß wir uns durch unsere Forschung ein Bild über diese machen, und dies gestattet uns, die Gefahren der Atombombe rechtzeitig zu erkennen und uns gegen diese vorzusehen.»

Militärische Option offenhalten

Es erscheint heute außer Zweifel, daß der politische Wille zur atomaren Bewaffnung der schweizerischen Armee nie ernsthaft vorhanden war. Offenhaltung der militärischen Option, ja – Freigabe von größeren Mitteln zur Einrichtung von geheimen Labors unter den Alpen, nein.

Breite politische Abstützung

Mit dieser Einstellung stand der Bundesrat zweifellos in Einklang mit der großen Mehrheit der Bevölkerung. Als Beweis dafür darf man die deutliche Ablehnung der beiden Volksinitiativen gegen eine atomare Bewaffnung der Schweiz nehmen: 1962 stimmten 537.138 Schweizer gegenüber 286.895 gegen ein ausdrückliches Verbot von Atomwaffen, 1963 lehnten 451.238 Stimmen gegenüber 274.061 ein Mitspracherecht des Volkes bei einer allfälligen Entscheidung über Atomwaffen ab – in beiden Fällen also eine klare Absage an eine Einschränkung des Bundesrates. Die Erklärung des Bundesrates aus dem Jahre 1958, man werde die mit einer Einführung von Atomwaffen zusammenhängenden Fragen weiterverfolgen, wurde in den Jahren 1966 und 1974 nochmals bekräftigt. Und schließlich verzichtete die Schweiz – parallel zur Bundesrepublik Deutschland – mit der Unterzeichnung des Atomsperrvertrages am 27. November 1969 und seiner Ratifikation 1977 auch auf die noch offengelassene «militärische Option».

Scherrer und Boveri

Treibendes Duo Forscher und Industrieller

Wenden wir uns wieder der zivilen Zweckbestimmung der SKA zu, die Zusammenarbeit zwischen Hochschulforschung und Industrie auf dem Gebiet der friedlichen Nutzung der Atomtechnik zu fördern. Am Beginn dieser Zusammenarbeit steht die Verbindung zwischen Paul Scherrer, dem Forscher, und Walter Boveri, dem Industriellen. Die beiden waren die treibenden Kräfte. Boveri hatte als Unternehmer den Weitblick, die Bedeutung der Atomenergie 1945 sofort zu erfassen, Paul Scherrer brachte das wissenschaftliche Rüstzeug und seine Begeisterungsfähigkeit mit. Boveri hatte schon an der Generalversammlung der BBC am 16. Juli 1946 einen großen Teil seiner Präsidialansprache der Atomenergie gewidmet. Er teilte mit, daß er junge Physiker angestellt habe, die er den

Instituten von Scherrer an der ETH Zürich und von Paul Huber an der Universität Basel zur Verfügung stelle: «Wir beanspruchen nicht, uns in die Frage einzumischen, mit was für Arbeiten diese jungen Gelehrten betraut werden. Das einzige, was wir verlangen, ist, daß sie mit Fragen der Atomphysik beschäftigt werden». Es handelte sich um Dr. Werner Zünti an der ETH Zürich sowie um Dr. Fritz Alder und Dr. Walter Hälg in Basel, die später am EIR und an der ETH Zürich maßgebend zur Entwicklung der Kerntechnik in der Schweiz beitragen sollten.



Walter Boveri und Prof. Paul Scherrer bei der Besichtigung des Baugeländes der Reaktor AG in Würenlingen.

Boveri wollte mit seiner Firma BBC den Beginn des Atomzeitalters ebensowenig verpassen wie die ältere Generation den Beginn der industriellen Nutzung der Elektrizität. Boveri und Scherrer widmeten sich nun vor allem der Idee eines Zentrums für Reaktorentwicklung und Ausbildung, die Scherrer besonders am Herzen lag. Bis zur Verwirklichung dieser Idee war jedoch noch ein langer Weg zurückzulegen.

Die Studiengruppe Kernenergie

Innerhalb der Industrie folgten nun Jahre des Sich-Vortastens durch die spärlich vorhandenen Kenntnisse. Einstieg über die traditionellen Produkte war die Devise. In allen Industriebereichen formierten sich lose Studiengruppen, die sich mit den langsam via Hochschulen hereintröpfelnden Unterlagen auseinandersetzten.

Industrieller Individualismus nicht zielführend

Diese Periode individueller Entwicklungen in den einzelnen Unternehmen entsprach ganz der Tradition der Schweizer Industrie. In der Kerntechnik konnte es jedoch ohne Zusammenarbeit kein Vorankommen geben – was eines gehörigen Maßes an Umdenken bedurfte. Zudem war der Industrie nicht verborgen geblieben, daß nur rasches und unbürokratisches Handeln genügend schnell und zu tragbaren Kosten zum Ziele führen würde. Daher schuf man im Februar 1949 ein Forum, um Erkenntnisse zu diskutieren und Arbeitsprogramme untereinander abzustimmen. Auch Professoren der Hochschulen berichteten über neue Entwicklungen im In- und Ausland, war es doch den Wissenschaftlern vorbehalten, mit Bundesunterstützung internationale Kontakte zu pflegen. Beispielsweise berichtete am 7. Juni 1951 Prof. Peter Preiswerk, die UNESCO plane einen großen Beschleuniger (das spätere CERN) in der Nähe von Genf.

Diskussionsforum gegründet

Im September desselben Jahres teilte Prof. Scherrer der Industrie mit, es bestehe berechtigte Hoffnung, Uran und Graphit in Reaktorqualität erwerben zu können. Diese

Mitteilung war das Signal zur Bildung der «Studiengruppe Kernenergie», einer noch losen Gruppierung von Fachleuten der Firmen BBC, Sulzer und Escher-Wyss. Die Gruppe war übrigens der seit 1948 bestehenden «Industriekommission Kernenergie» unterstellt, in der die Geschäftsleitungen der drei Unternehmen ihre Aktivitäten koordinierten. Sie machte sich nun an das Projekt «SK C 795», einen mit gasförmigem Kohlendioxid gekühlten und mit Graphit moderierten Leistungsreaktor von zehn Megawatt Wärmeleistung. Prof. André Houriet in Genf betreute die physikalische Auslegung, Dr. Walter Traupel und Dr. Rudolf Meier bei Sulzer berechneten die Thermodynamik, und Otto Frey von BBC koordinierte die Konstruktion.

Studiengruppe Kernenergie: Projekt SK C 795

Zur selben Zeit diskutierte die SKA den Bau eines Versuchsmeilers in Basel. Hier hatte Prof. Werner Kuhn schon seit 1942 an der Herstellung von Schwerem Wasser gearbeitet, unterstützt von der Chemie-Industrie und von der Firma Sulzer. Daher waren die damaligen vier Großen der Basler Chemie, nämlich Ciba, Geigy, Sandoz und Hoffmann-LaRoche auch zur Teilnahme an der «Industriekommission Kernenergie» eingeladen worden, was sie jedoch ablehnten, weil sie sich als Energiekonsumenten ohne Interesse an der Energieproduktion betrachteten. Immerhin entsandte Ciba Dr. Rudolf Rometsch als Beobachter und Berater in technologischen Fragen.

SKA: Versuchsmeiler in Basel?

Über die AKR zur Reaktor AG

Schon gegen Ende 1951 mußte Scherrer die Hoffnung auf Uran und Graphit aus dem Ausland zerstören. Zwar prüfte man die Herstellung von Graphit genügender Reinheit in der Schweiz, doch richtete sich die Aufmerksamkeit wieder auf Schwerwasser als Moderator. Seine Produktion in der Schweiz wurde als grundsätzlich möglich erachtet und bei der Holzverzuckerungs AG Ems wie bei Lonza in Chippis studiert, auch wenn man noch unterschiedlicher Ansicht über das Verfahren war.

Klärung über den zu verfolgenden Reaktortyp brachte im Juli 1952 der Entscheid der SKA, den Bau eines schwerwassermoderierten Reaktors voranzutreiben. Finanziert mit Bundes-Forschungsgeldern, wollte die Industrie einen solchen Reaktor wenigstens bauen. Wenn damals verschiedene Firmen über eigene Projektvarianten berichteten, so ist dies wohl als Rückzugsgefecht zu werten.

Festlegung auf Schwerwasser-Typ

Mitte 1952 erhielt denn auch die SKA den Auftrag, das Projekt P3 für einen Experimental- und Materialprüfreaktor. auszuarbeiten (P1 und P2 waren frühere Entwürfe). Um die

Arbeiten zu straffen, wurden sie in einer «Arbeitsgemeinschaft Kernreaktor» (AKR) organisiert, welche die drei Firmen BBC, Escher-Wyss und Sulzer umfaßte.

Ende desselben Jahres sah man die Realisierbarkeit des Projekts schon optimistischer. Denn einerseits lag da schon eine Reihe von Versuchen mit Uran und mit Aluminium als Reaktorwerkstoff vor. Andererseits kamen die freundschaftlichen Kontakte mit der französischen Atomenergie-Kommission CEA sowie mit JENER, einem Reaktor-Gemeinschaftsprojekt zwischen Norwegen und den Niederlanden, zum Tragen. Beispielsweise war Dr. Walter Hälg als erster Schweizer von der Industrie zum Schwerwasserreaktor JEEP-1 nach Norwegen delegiert worden.

Internationale Kontakte förderlich

Bereits am 9. April 1953 konnte AKR der Industriekommission das vollständige Projekt einschließlich Kostenschätzung präsentieren. Diese kurze Projektierungszeit war möglich geworden, weil auch die Ingenieurunternehmen Elektro-Watt und Motor-Columbus ihr Wissen einbrachten.

1953 Projekt präsentiert

In der Folge, und angeregt auch durch die nie nachlassenden Bemühungen von Walter Boveri, begannen sich auch andere Branchen für die Atomtechnik zu interessieren. Beispielsweise eröffnete Landis & Gyr eine Abteilung für Strahlenmeßtechnik, und eine Reihe von Firmen übernahm Lizenzen oder Verkaufsvertretungen ausländischer Lieferanten. So kam es, daß sich 80 Industrieunternehmen, 44 Firmen aus Handel und Finanzwirtschaft sowie 45 Elektrizitätsgesellschaften am 1. März 1955 zu einer gemeinsamen Organisation zusammenschlossen und – als Nachfolgerin der AKR – die «Reaktor AG» gründeten. An deren Vorhaben, einen Forschungs- und Materialprüfreaktor zu bauen und zu betreiben, beteiligte sich auch der Bund mit fünf Millionen Franken (s. auch 6. Kapitel).

1955: Industrie gründet Reaktor AG

Bei diesem Stand der Dinge trat 1955 ein Ereignis ein, das auf die weitere Entwicklung der Atomtechnik in der Schweiz und weltweit entscheidenden Einfluß nahm, die von der UNO organisierte internationale Konferenz «Atome für den Frieden» in Genf, (s. 3. Kapitel).

Bleibt zu erwähnen, daß 39 Nuklearfachleute am 4. Oktober 1958 die «Schweizerische Gesellschaft der Kernfachleute» – mit Dr. Werner Zünti als erstem Präsidenten – gründeten. Ein Jahr darauf zählte die SGK bereits 53 ordentliche und 23 affiliierte Mitglieder, die Zeitschrift «Neue Technik» wurde lanciert. 1958 war auch das Gründungsjahr der «Schweizerischen Vereinigung für Atomenergie». An ihrer ersten Generalversammlung am 3. Juni 1960 betrug der Mitgliederbestand der SVA 100 Einzelpersonen und 288 Firmen. Erster Präsident war der Genfer Ständerat Eric Choisy.

1958: Gründung von SGK und SVA



3. Kapitel

Die Genfer Konferenz 1955

Die Fortschritte der Atomtechnik in konkurrierenden Ländern veranlaßten die USA, Anfang der 1950er-Jahre ihre Geheimhaltungspolitik teilweise aufzugeben. Wichtigster Schritt in Präsident Eisenhowers Programm «Atome für den Frieden» war die erste internationale Konferenz über die friedliche Verwendung der Atomenergie 1955 in Genf. Sie fand großes Echo bei Wissenschaftlern und Publikum, war doch erstmals auf der Welt ein Atomreaktor öffentlich zugänglich. Die Schweiz ergriff die Gelegenheit und kaufte dieses amerikanische Ausstellungsstück. Die Konferenz erwies sich als weltweites Stimulans für die Entwicklung der Atomtechnik.

1945: US-Präsident Truman für Wissens-Austausch

Eine internationale Zusammenarbeit zur friedlichen Verwendung der Atomenergie wurde schon zweieinhalb Monate nach Beendigung des 2. Weltkriegs ins Auge gefaßt. Man schrieb den 15. November 1945, als der amerikanische Präsident Truman – unterstützt von Kanada und Großbritannien – vorschlug, die für eine friedliche Nutzung notwendigen wissenschaftlichen Erkenntnisse mit den anderen Staaten zu teilen. Dieser Austausch müßte allerdings unter der Bedingung stattfinden, keine Informationen weiterzugeben, die für die Herstellung einer Atombombe verwendet werden könnten. Eine internationale Behörde sollte die Einhaltung dieser Bedingung überwachen. Das Problem aber bestand darin, daß die physikalischen Ausgangsdaten für industrielle wie für militärische Anwendungen einander sehr ähnlich sind und daher der größte Teil als geheim einzustufen wäre.

1946: UNAEC gegründet

In Verfolgung dieses Gedankens wurde 1946 eine Kommission der UNO für die Atomenergie, die UN-Atomenergiekommission (UNAEC), ins Leben gerufen. In ihr waren neben den USA noch Kanada, Großbritannien, Frankreich und die UdSSR vertreten. Gemäß dem Vorschlag des Delegierten der USA, Bernard Baruch, sollte die erwünschte Kontrolle auch Sanktionen gegen Staaten vorsehen, welche das Abkommen nicht einhalten würden. Diesem Plan war jedoch aus politischen Gründen, die zum Teil dem Widerstand der UdSSR in der Person ihres späteren Außenministers Gromyko zuzuschreiben sind, kein Erfolg beschieden.

Lange Geheimhaltung

Kalter Krieg blockiert Austausch

Im selben Jahr 1946 wurde auch die Atomenergie-Kommission der USA, die USAEC, geschaffen in Übereinstimmung mit dem Gesetz über die Atomenergie, das am 1. August in Kraft getreten war. Die USAEC wurde die Besitzerin aller amerikanischen Kernenergieeinrichtungen, die man auf diese Weise vom militärischen in den zivilen Bereich überführte. Das Gesetz ermutigte zwar den Informationsaustausch mit anderen Ländern, jedoch weiterhin unter der Bedingung einer Kontrolle durch eine Überwachungsbehörde (diese Behörde wurde allerdings erst elf Jahre später gegründet). Der internationale Austausch blieb also blockiert – um so mehr, als inzwischen der «Kalte Krieg» begonnen hatte. Als am 23. September 1949, viel früher als erwartet, die Sowjetunion ihren ersten Atombomben-Versuch durchführte, trug dieses Ereignis bestimmt nicht dazu bei, die amerikanische Einstellung flexibler werden zu lassen.

Das amerikanische Gesetz über die Atomenergie wurde zwar 1951 dahingehend abgeändert, daß es nun den Abschluß bilateraler Kooperationsabkommen erlaubte. Diese Abkommen sahen gegenseitige Kontrollen bzw. Inspektionen zur Bestätigung der ausschließlich friedlichen Verwendung des gelieferten Materials vor. Sie basierten jedoch auf der Weiterführung der absoluten Geheimhaltung über die ausgetauschten Informationen, außerdem waren die Informationen bezüglich Herstellung und Konstruktionsgrundlagen von Atomwaffen von jeder Zusammenarbeit ausgeschlossen. Das Zeitalter der Geheimnisse dauerte an.

Andauernde Geheimhaltung

1952 und 1953 wurden nacheinander die erste britische Atomwaffe, die erste amerikanische Wasserstoffbombe großen Kalibers und, vor allem, im August 1953 die erste sowjetische Wasserstoffbombe gezündet. Die USA und die UdSSR befanden sich nun in dieser Beziehung «auf gleicher Stufe» – eine der Ursachen für die Änderung in der Einstellung der USA, von der Politik der Geheimhaltung zu einer solchen der kontrollierten internationalen Zusammenarbeit überzugehen. Die neue Administration Eisenhower versuchte nun, Kontakte zur Sowjetunion herzustellen.

1953: H-Bombe der UdSSR

Übrigens verfolgten bereits mehrere andere Staaten, namentlich Kanada, Frankreich und Großbritannien, ihre eigenen Entwicklungen im zivilen Sektor, insbesondere mit Richtung auf die Verwendung der Kernenergie zur Stromerzeugung. Die Amerikaner hatten schon den Leichtwasserreaktor zum Antrieb von Unterseebooten und den Prototyp eines Druckwasserreaktors zur Stromerzeugung entwickelt. Mithin war auch eine Konkurrenzlage auf dem kommerziellen Gebiet gegeben, so daß die USA immer mehr zur Aufhebung der absoluten Geheimhaltung gedrängt wurden.

CAN, F und GB zielen auf Stromerzeugung

Öffnungssignal aus USA

Daher präsentierte Präsident Eisenhower in einer Rede vor der Vollversammlung der UNO am 8. Dezember 1953 ein neues Konzept, «Atome für den Frieden» genannt. Die USA erklärten sich bereit, das Wissen freizugeben, das zur friedlichen, dem Wohlstand der Menschheit dienenden Nutzung der Atomenergie notwendig war. Eine internationale Behörde sollte überwachen, daß das zur Verfügung gestellte spaltbare Material in der Tat zu friedlichen Zwecken verwendet würde (diese «International Atomic Energy Agency» (IAEA) bzw. «Internationale Atomenergie-Organisation» (IAEO) wurde dann im Juli 1957 mit Sitz in Wien gegründet).

Eisenhower: Atome für den Frieden

Auch die UdSSR nahm dieses Konzept Eisenhowers zustimmend auf. Innerhalb der USA ermöglichte es eine neue Rollenverteilung zwischen Staat und Privatindustrie und damit die Entwicklung der Leichtwasserreaktoren zu ihrer Kommerzialisierung. Ein neues Atomgesetz schuf 1954 eine klare Trennlinie zwischen dem zivilen und dem militärischen Sektor und erlaubte den Export von spaltbarem Material und von Nukleareinrichtungen, freilich unter dem Vorbehalt des Abschlusses von Zusammenarbeitsabkommen mit den Empfängerländern. Diese Abkommen beinhalteten selbstverständlich sehr strenge Überwachungsklauseln, um eine Weitergabe an unbefugte Drittländer zu verhindern (zu ersten bilateralen Kontrollen ab 1953 kam dann 1957 die – auch von der Schweiz genutzte – Möglichkeit, daß das Lieferland die Kontrolle der IAEO übertrug, ehe 1970 der «Nichtweiterverbreitungs-Vertrag» bzw. «Non-Proliferation-Treaty» ausschließlich IAEO-Kontrollen einführte).

1954: USA schließen bilaterale Abkommen

Monsterkonferenz in Genf

Als nächstes beschloß die Vollversammlung der UNO am 4. Dezember 1954 einstimmig, im August 1955 eine internationale Konferenz über die friedliche Verwendung der Atomenergie abzuhalten. Dem Konzept Eisenhowers folgend, sollte diese Konferenz unter dem Motto «Atome für den Frieden» stehen. Sie fand vom 8. bis 20. August 1955 im Genfer Palais des Nations statt. Auf Genf war die Wahl als europäischem Sitz der Vereinten Nationen und mehrerer ihrer Agenturen gefallen. Daß kurz zuvor, vom 18. bis zum 23. Juli, hier eine Gipfelkonferenz der vier Regierungschefs Eisenhower, Eden, Faure und Bulganin, begleitet von ihren Außenministern Dulles, Macmillan, Pinay und Molotow, stattgefunden hatte, machte die Konferenz noch interessanter für die Medien.

UNO beschließt internationale Konferenz

73 Länder und acht Spezialagenturen der UNO entsandten insgesamt 1426 Delegierte. Dazu kamen noch 1350 Beobachter. Zusammen mit dem Hilfspersonal und den 900 Journalisten und Berichterstattern belief sich die Teilnehmerzahl auf rund 4000 – ungeachtet der Öffentlichkeit, die vom freien Zutritt zu den Sitzungen reichen Gebrauch machte

1955: 73 Länder, 4000 Teilnehmer in Genf

Die Thematik «Atome für den Frieden» war in 15 Bereiche unterteilt:

1 Weltenergiebedarf und Rolle der Kernenergie
2 Physik und Forschungsreaktoren
3 Nukleare Stromerzeuger
4 Wirkungsquerschnitte für die Reaktorauslegung



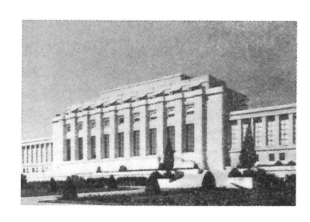
An der Eröffnungssitzung der ersten Genfer Konferenz am 8. August 1955 sprach auch UNO-Generalsekretär Dag Hammarskjöld, und es wurden Grußbotschaften der Staatsoberhäupter aller großen Industrienationen verlesen. Der Schweizer Bundespräsident Dr. Max Petitpierre hieß die Teilnehmer aus aller Welt in der Schweiz willkommen.,

5 Reaktorphysik
6 Uranium- und Thoriumgeologie
7 Nukleare Chemie und Strahlungseffekte
8 Werkstoffe der Kerntechnik: Produktionstechnologie
9 Reaktortechnologie und chemische Wiederaufarbeitung
10 Radioaktive Isotopen und nukleare Strahlen in der Medizin
11 Biologische Wirkungen der Strahlungen
12 Radioaktive Isotope und ionisierende Strahlungen in Landwirtschaft, Physiologie und Biochemie
13 Rechtliche, administrative und gesundheitliche Probleme beim Großeinsatz der Kernenergie
14 Radioaktive Isotope: Verwendung und Dosimetrie
15 Radioaktive Isotope und Spaltprodukte in Forschung und Industrie

15 Themenbereiche

Den Organisatoren waren dazu 1067 Berichte aus 41 Ländern angemeldet worden, weit mehr als erwartet. 450 Berichte wurden zum mündlichen Vortrag ausgewählt, der Rest zur Kenntnisnahme verteilt. Mit 512 Beiträgen, fast der Hälfte aller angemeldeten, lieferten die USA weitaus die meisten. Es folgten Großbritannien mit 99, die UdSSR mit 94, Frankreich

Beiträge aus 41 Ländern



Der Schauplatz: das Palais des Nations, der «Völkerbundpalast», in Genf.

mit 59, Argentinien mit 37, Japan mit 31, Brasilien mit 19, Jugoslawien mit 18 und die Schweiz mit 16.

Der Schweizer Beitrag

Petitpierre: Atomkraft verlangt neues Denken

Der damalige Schweizer Bundespräsident Max Petitpierre hieß die Teilnehmer an der Eröffnungssitzung willkommen. In seiner Rede erinnerte er daran, daß die Atombomben über Hiroshima und Nagasaki genau zehn Jahre vorher, am 6. und am 9. August 1945, explodiert waren. Auch zitierte er den Aufruf des einige Monate zuvor in Princeton, USA, verstorbenen Albert Einstein in Zusammenhang mit den Gefahren einer militärischen Anwendung: «*Die aus dem Atom freigesetzte Kraft hat alles geändert außer unserer Denkweise, und das Resultat ist, daß wir auf eine noch nie dagewesene Katastrophe zusteuern. Eine neue Art zu denken muß gefunden werden, wenn die Menschheit überleben soll.*» Max Petitpierre stellte fest, daß dieser Appell gehört worden sei, hatte doch diese Konferenz ihre Türen allen Staaten geöffnet. Die zur Erforschung der friedlichen Nutzung der Atomenergie versammelten Wissenschaftler machte Petitpierre auf ihre Vorrechte wie auf ihre Verantwortung aufmerksam.

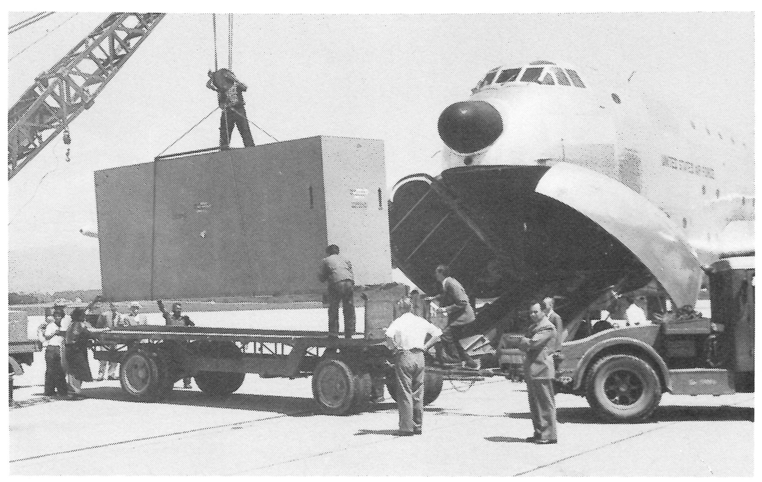
Schweizer Delegation: überwiegend Wissenschaftler und Techniker

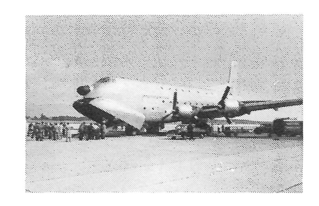
Die Schweizer Delegation umfaßte 41 Personen. Es fällt auf, daß darunter mit Minister Pierre Micheli aus dem Politischen Departement nur ein einziger Vertreter der Bundesbehörden war. Die übrigen Schweizer waren Wissenschaftler unter der informellen Leitung von Prof. Paul Scherrer, dem führenden Schweizer Atomphysiker jener Zeit. Die Industrie hatte 17 Delegierte entsandt, von den Hochschulen waren 16 gekommen, von Spitälern fünf und von Ingenieurbüros zwei. Der Zusammensetzung der Delegation entspricht auch der wissenschaftliche und technische Inhalt ihrer insgesamt 16 Wortbeiträge mit zwei auch der Zahl nach fast gleichgewichtigen Hauptrichtungen. Die eine betrifft die Linie der Schwerwasserreaktoren, für die sich die Schweiz entschieden hatte (s. 2., 7. und 8. Kapitel), die andere die medizinischen und physiologischen Aspekte, über die in der Schweiz bereits Erfahrungen vorlagen.

Der Kauf des Schwimmbad-Reaktors

Ausstellungen

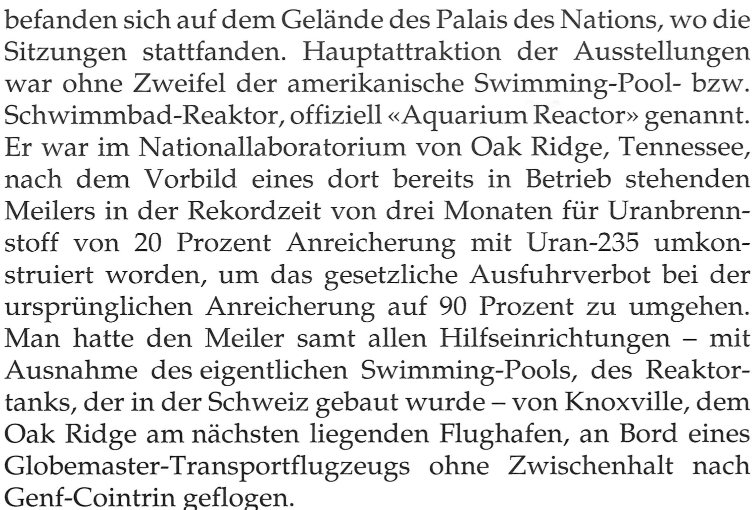
Neun Länder hatten auch offizielle Ausstellungen organisiert: Belgien, Dänemark, Frankreich, Großbritannien, Kanada, Norwegen, Schweden, die UdSSR und die USA. Die Pavillions





Oben: Ein amerikanisches Riesen-Transportflugzeug vom Typ Globemaster mit dem Schwimmbad-Reaktor an Bord ist soeben in Genf-Cointrin gelandet.

Links: Die Reaktor-Teile werden entladen.



befanden sich auf dem Gelände des Palais des Nations, wo die Sitzungen stattfanden. Hauptattraktion der Ausstellungen war ohne Zweifel der amerikanische Swimming-Pool- bzw. Schwimmbad-Reaktor, offiziell «Aquarium Reactor» genannt.

amerikanischer Reaktor, ...

Er war im Nationallaboratorium von Oak Ridge, Tennessee, nach dem Vorbild eines dort bereits in Betrieb stehenden Meilers in der Rekordzeit von drei Monaten für Uranbrennstoff von 20 Prozent Anreicherung mit Uran-235 umkonstruiert worden, um das gesetzliche Ausfuhrverbot bei der ursprünglichen Anreicherung auf 90 Prozent zu umgehen. Man hatte den Meiler samt allen Hilfseinrichtungen – mit Ausnahme des eigentlichen Swimming-Pools, des Reaktortanks, der in der Schweiz gebaut wurde – von Knoxville, dem Oak Ridge am nächsten liegenden Flughafen, an Bord eines Globemaster-Transportflugzeugs ohne Zwischenhalt nach Genf-Cointrin geflogen.

... per Flugzeug aus USA

Der amerikanische Präsident Eisenhower nahm seine Teilnahme am politischen Gipfeltreffen wahr, noch in Genf zu bleiben und den Reaktor offiziell in Betrieb zu setzen. Der Reaktor wurde mit einer thermischen Leistung von zehn Kilowatt betrieben und konnte Spitzenleistungen bis 100 Kilowatt erreichen. Er strahlte dann in blauer Farbe, Physikern unter dem Namen «Cerenkow-Strahlung» bekannt. Konferenzteilnehmer wie Publikum strömten in Scharen herbei, um das geheimnisvolle Leuchten aus der Wassertiefe zu beobachten – auch aus den USA, denn es war das erste Mal auf der Welt, daß ein Reaktor der Öffentlichkeit gezeigt wurde!

Weltneuheit und Publikums-Attraktion

Paul Scherrer wäre nicht für seine ungeheuer rasche Auffassungsgabe bekannt gewesen, wenn er nicht die Gelegenheit schon frühzeitig, nämlich bei Bekanntwerden der Reaktor-Ausstellung lange vor Konferenzbeginn, erkannt und beim



An Bord der Globemaster neben dem zukünftigen SAPHIR-Reaktor, von links: der Schweizer M. Junod, ein Mitglied der amerikanischen Crew, der Schweizer Physiker Alain Colomb, die Amerikaner W.C. Morgan und C.E. Winters vom Oak Ridge National Laboratory.

Listiger Scherrer

Schopf gepackt hätte: Seine Kenntnisse der Reaktorphysik und -technik sagten ihm, daß der Reaktor infolge der Inbetriebnahme ja aktiviert, also radioaktiv würde, und daß der Rücktransport in die USA dann erhebliche Schwierigkeiten verursachen müßte. Was lag näher, als daß der Reaktor nach Ende der Konferenz in der Schweiz blieb? Der Industrielle Walter Boveri, ebenfalls Mitglied der Schweizer Delegation und Förderer der Atomenergie, unterstützte Scherrers Idee und Anliegen spontan.

Bund muß kaufen, Reaktor AG betreiben

Doch wer sollte den Reaktor erwerben, und wer sollte ihn betreiben? Einzige offizielle Schweizer Organisation auf dem Gebiet der Atomenergie war zu jener Zeit die 1946 gegründete Studienkommission für Atomenergie (SKA), die Professor Scherrer präsidierte. Daher konnte auch nur sie ein Abkommen zwischen der Schweiz und den USA zum Erwerb des Swimming-Pool-Reaktors vorbereiten. Als Betreiber wiederum kam nur die «Reaktor AG» in Würenlingen in Frage. Sie war am 1. März 1955 gegründet worden, im ausschließlichen Besitz der Privatwirtschaft und verfügte als einzige Schweizer Institution über die nötigen Fachleute.

1955 Abkommen USA-Schweiz

Die USA zeigten sich dem Ansinnen nicht abgeneigt. Nach den Vorschriften des neuen amerikanischen Atomgesetzes vom 30. August 1954 war jedoch für den Export von spaltbarem Material und von Nuklearanlagen der Abschluß eines Abkommens über Zusammenarbeit mit der Schweiz erforderlich. Die Verhandlungen darüber begannen am 3. Mai 1955, ein Entwurf wurde vom Bundesrat bereits am 1. Juni desselben Jahres genehmigt, und das Abkommen selbst konnte am 10. Juni 1955 vom Schweizer Minister in Washington, Henry de Torrenté, unterzeichnet werden. Die USA erklärten sich



Unter dem Tragflügel der Globemaster fachsimpeln – von links – die Schweizer Kernphysiker J. Kern, Prof. Scherrer und H. Albers.

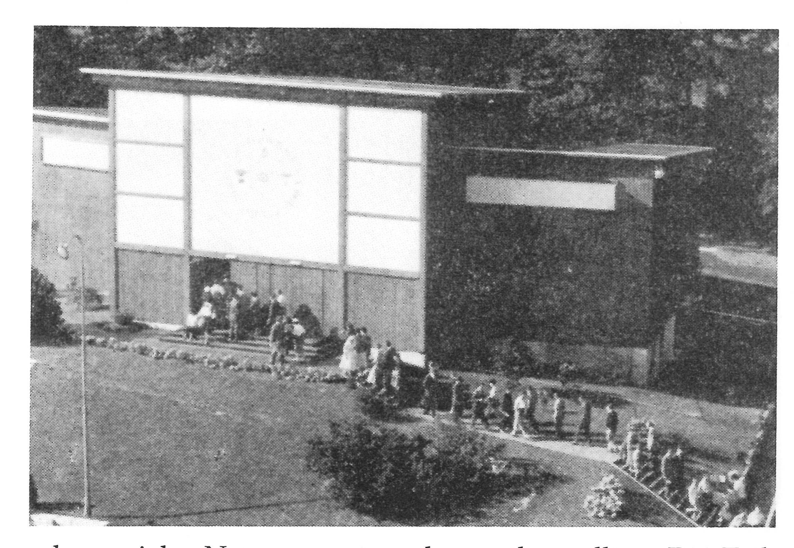
demnach bereit, auf 20 Prozent Uran-235 angereichertes Uran mit insgesamt sechs Kilogramm U-235 sowie die gesamte Reaktoranlage zu exportieren. Die Schweiz wurde damit nach der Türkei und Israel das dritte Land, das mit den USA einen Zusammenarbeitsvertrag abschloß.

Auf Schweizer Seite mußten die Kauf- und Übernahmeformalitäten erst noch geregelt werden. Offizieller Käufer war die Eidgenossenschaft, Empfänger jedoch die Reaktor AG. Diese Formalitäten wurden durch einen Vertrag geregelt, den der Bundesrat am 23. September 1955 genehmigte. Die Reaktor AG wurde somit Eigentümer der in Genf ausgestellten Anlage zum bescheidenen Preise von 180.000 US-Dollar (über den Kaufpreis hinaus erwuchsen jedoch weitere Kosten von mehr als zwei Millionen Franken). In Würenlingen errichtete man dafür einen speziellen Bau. Darin wurde die Demonstrationsanlage zu einem Instrument für Forschung, Ausbildung und Isotopenerzeugung umgebaut und auf ein Megawatt Höchstleistung gebracht, das Zehnfache der ursprünglichen. Die offizielle Inbetriebnahme des neuen, wegen der blauen Strahlung SAPHIR getauften Reaktors fand am 17. Mai 1957 statt (s. auch 6. Kapitel).

SAPHIR in Würenlingen ausgebaut

Konferenz-Resultate und spätere Entwicklung

Der Beschluß der UNO vom 4. Dezember 1954 hatte vorgesehen, daß eine technische Konferenz auf internationaler Basis stattfinden solle, wobei wissenschaftliche Erkenntnisse über die friedliche Nutzung der Atomenergie so frei wie nur möglich und ohne Bedenken politischer, wirtschaftlicher



Vor dem Pavillon der USA auf dem Genfer Ausstellungsgelände stehen Konferenzteilnehmer und Publikum Schlange, um erstmals auf der Welt einen Atomreaktor in öffentlicher Ausstellung zu besichtigen.

oder sozialer Natur ausgetauscht werden sollten. Die Teilnehmer waren und sind überzeugt, daß dieses Ziel ohne Einschränkung erreicht wurde. So arbeiteten Amerikaner und Sowjets in freimütiger Atmosphäre zusammen. Und das bemerkenswerteste Beispiel war wohl, daß die Amerikaner ihr berühmtes «Barn-Book» bzw. «Buch der Wirkungsquerschnitte» den Teilnehmern zur Verfügung stellten: Der Wirkungsquerschnitt gibt die Wahrscheinlichkeit einer Kernreaktion in einem gegebenen Element an – diese Werte sind einerseits schwierig und langwierig zu messen, andererseits aber unabdingbare Voraussetzung für den Bau von Reaktoren. Im übrigen enthielt das «Barn-Book» auch Resultate von Schweizer Messungen.

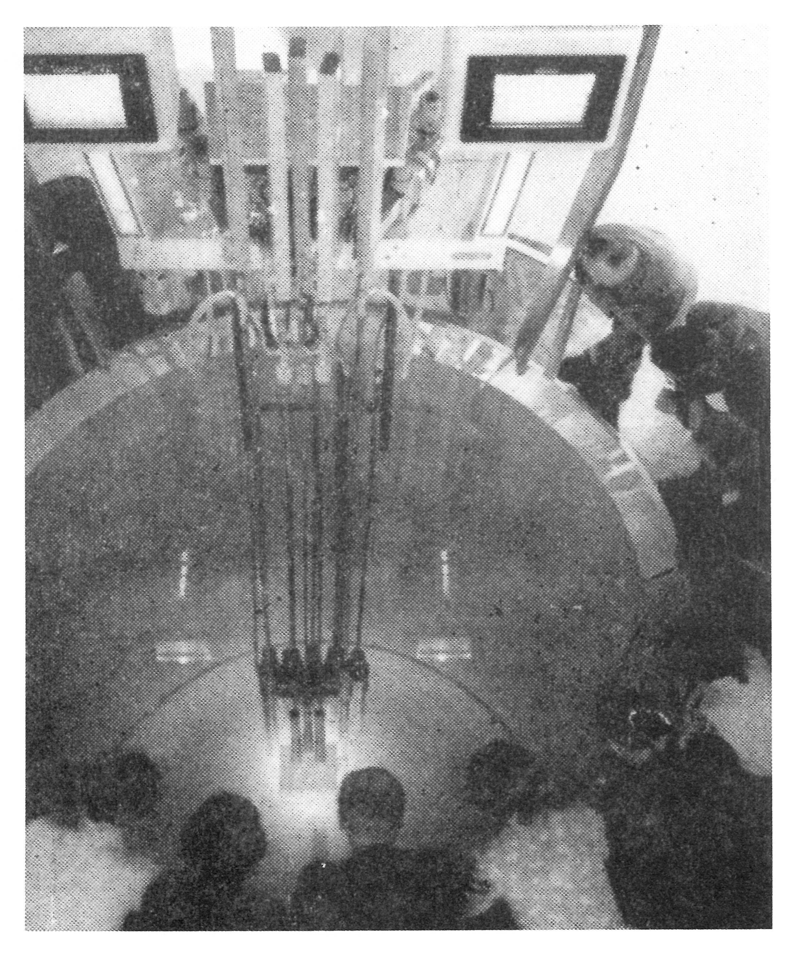
Freier Gedankenaustausch

Starke Beachtung in der Öffentlichkeit

Das große Interesse der Medien, das unmittelbar vorangegangene Gipfeltreffen, der Transport eines Reaktors per Flugzeug von Tennessee in die Schweiz, die verschiedenen Ausstellungen und Veranstaltungen bewirkten, daß «Atome für den Frieden» auch in der Öffentlichkeit starke Beachtung fand.

Weitere Konferenzen

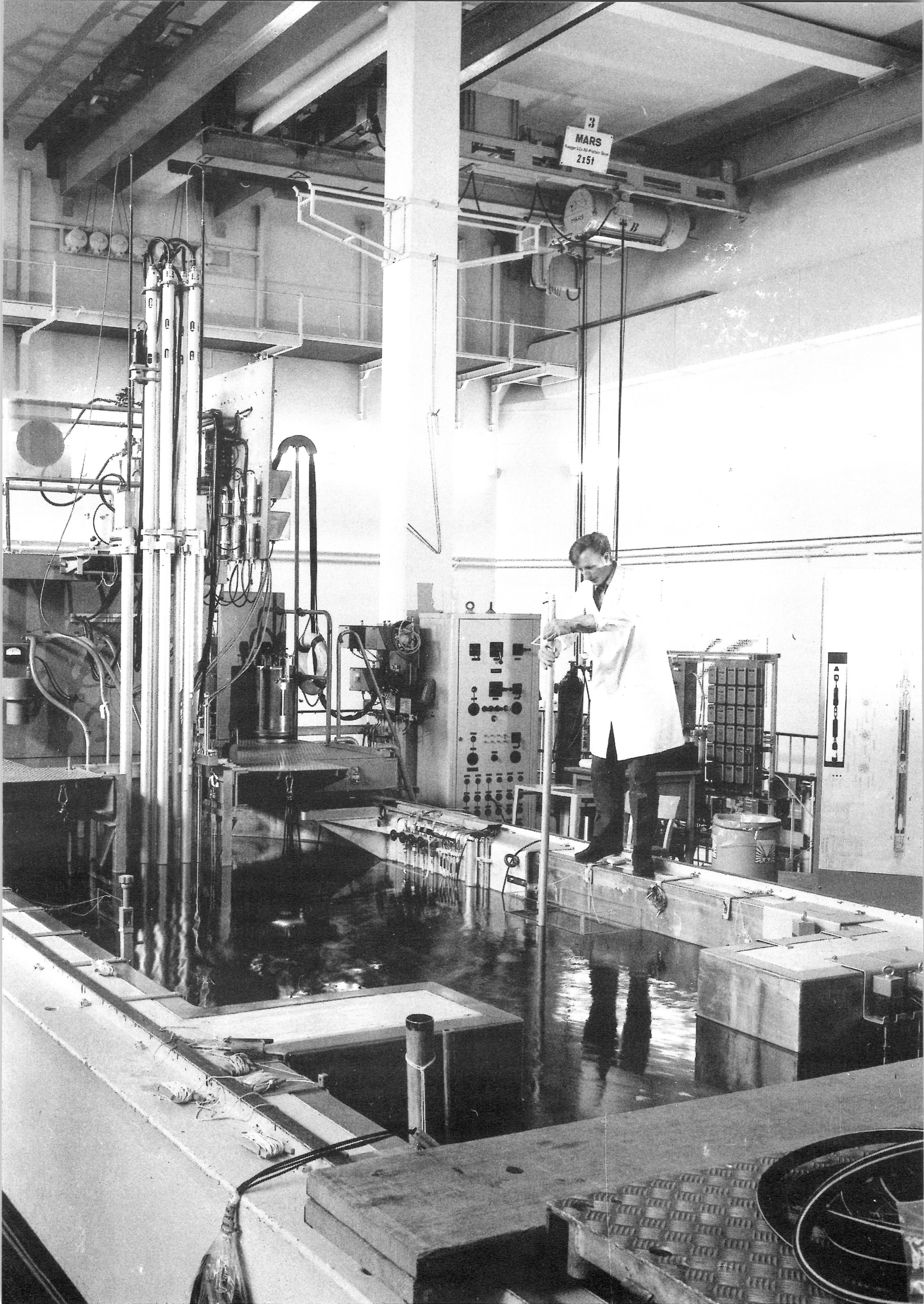
Der Konferenz von 1955 folgten drei weitere «Genfer Konferenzen». Die erste fand 1958 statt und wurde ebenfalls vom Sekretariat der UNO organisiert. Die beiden anderen wurden 1964 und 1971 von der in der Zwischenzeit gegründeten Internationalen Atomenergie-Organisation IAEO veranstaltet. Nach 1971 wurden solche Monster-Veranstaltungen nicht mehr wiederholt. Statt dessen widmete man weitere Konferenzen eher spezifischen Fragen, insbesondere dem Brennstoffkreislauf und der Nicht-Weiterverbreitung, die dann – an verschiedensten Orten, darunter in Salzburg und auch wieder in Genf – weit weniger Teilnehmer vereinten.



Am Grunde eines mit (hochreinem) Wasser gefüllten Beckens sehen die Betrachter vom Kern des Schwimmbad-Reaktors blaues Licht ausgehen, die Cerenkow-Strahlung. Sie entsteht, wenn energiereiche Teilchen aus dem Reaktorkern im Wasser abgebremst werden.

Markstein für die Schweiz

Für die Schweiz bedeutete die Konferenz von 1955 ohne Zweifel einen Markstein der Kernenergie-Entwicklung, vor allem wegen des Erwerbs des Schwimmbad-Reaktors durch den Bund.


3
MARS
2x5t

4. Kapitel

Politik und Gesetzgebung

Mitte der 50er-Jahre schuf der Bundesrat erste politische Institutionen sowie rechtliche Grundlagen für die staatliche Förderung der friedlichen Nutzung der Atomenergie. Mit der finanziellen Unterstützung von Industrieprojekten betrat der Bund politisches Neuland. 1957 wurde im Artikel 24 quinquies die Zuständigkeit des Bundes für die Gesetzgebung auf dem Gebiet der Atomenergie verankert, er bildete auch die Basis für das 1959 verabschiedete Atomgesetz.

Da kurz nach der Entdeckung der Atomspaltung Ende 1938 der Zweite Weltkrieg ausbrach, stand unter den möglichen praktischen Nutzungen zunächst die Waffentechnik im Vordergrund. Bei der Verwertung der in den 40er-Jahren gewonnenen neuen Erkenntnisse übernahmen in allen Ländern, die auf dem Gebiet der Atomenergie aktiv waren, staatliche Organe die zentrale Verantwortung. Sie verwirklichten bedeutende Programme zur Entwicklung der notwendigen Technik teils in eigens dafür geschaffenen aufwendigen Forschungseinrichtungen, teils unter Beizug von Hochschulen und Industrie. Die Kontrolle über die Verwendung des so erworbenen Wissens lag damit ganz in staatlichen Händen.

Atomenergie anfangs überall Staatssache

Eine solche Konzentration der Initiativen und der Aufsichtsfunktionen beim Staat widersprach – damals vielleicht noch mehr als heute – der in der Schweiz vorherrschenden politischen Auffassung über die Rollen von Bund und Wirtschaft. Dieser Auffassung zufolge stehen Anliegen wie die Wahrung der Autonomie der Kantone und der Hochschulen sowie die Erhaltung eines freien Unternehmertums im Vordergrund. Deshalb hatte die Entwicklung der Atomtechnik in der Schweiz nicht nur beträchtliche materielle Hindernisse zu überwinden, sie erforderte auch ein wesentliches Umdenken hinsichtlich der Mitwirkung der eidgenössischen Behörden. Nur Schritt für Schritt erzwangen die Realitäten, mit denen sich die schweizerische Öffentlichkeit und insbesondere die private Wirtschaft vor allem aufgrund der Gegebenheiten in den führenden Atomstaaten konfrontiert sah, staats- und wirtschaftspolitische Neuerungen. Ein Beispiel für eine solche Neuerung ist, daß sich mehrere private Unternehmen zur gemeinsamen Realisierung anspruchsvoller technischer Entwicklungsvorhaben zusammenfanden, wobei sie noch öffentliche Forschungsstätten z.B. an Hochschulen beizogen. Ein weiteres Beispiel: Finanzielle Hilfe des Bundes für Projekte, welche die beteiligten Firmen nicht ausschließlich aus eigenen Mitteln bestreiten konnten. Oder: die Übernahme technisch sehr anspruchsvoller Kontrollaufgaben durch Bundesorgane.

Widerspruch zu schweizerischer Auffassung ...

... erfordert Umdenken

Neue Aufgaben

Die Bundesverwaltung sah sich hier vor ganz neue Aufgaben gestellt, zu deren Bewältigung sie weder geeignetes Personal noch zweckmäßige Strukturen besaß. Es dauerte einige Zeit, bis voll erkannt wurde, daß die Bundesbehörden auf diesem Gebiet nicht ohne eigene Sachkompetenz ihre große Verantwortung optimal wahrzunehmen vermochten. Zunächst

Bund benötigt eigene Sachkompetenz

glaubte man, die neuen Aufgaben in bewährter Manier im Milizsystem – d.h. mit nebenamtlichem Einsatz – bewältigen zu können. So konstituierte im November 1945 das Eidg. Militärdepartement (EMD) eine Studienkommission für Atomenergie (SKA), die vom damals maßgeblichen wissenschaftlichen Promotor einer schweizerischen Mitwirkung an der Entwicklung der Atomtechnik, Prof. Paul Scherrer, präsidiert wurde.

EMD gründet Studienkommmission

Mit Bundesbeschluß vom 18. Dezember 1946 übertrugen die Eidgenössischen Räte dem Bund die Aufgabe, die Forschung auf dem Gebiet der Atomenergie zu fördern, und sie stellten der SKA dafür einen – für damalige Verhältnisse recht bedeutenden – Rahmenkredit von 18 Millionen Franken zur Verfügung. Dieser Beschluß stützte sich rechtlich auf Art. 23 der Bundesverfassung ab, der den Bund ermächtigt, im Interesse der Eidgenossenschaft oder eines großen Teils derselben öffentliche Werke zu errichten oder deren Errichtung zu unterstützen.

Die Betreuung der SKA durch das Militärdepartement erklärt sich vor allem aus dem damaligen Vorrang, welchen die auf diesem Gebiete führenden Großmächte den militärischen Anwendungen der Atomenergie einräumten. Verständlicherweise hatte die schweizerische Landesverteidigung ein vitales Interesse, zumindest Basiskenntnisse über die neuen Atomwaffen zu erwerben, um deren militärische Bedeutung selbst beurteilen zu können (s. auch 2. Kapitel).

Verteidigungs-Interesse, ...

Als 1956, kurz nach Gründung der Reaktor AG, die Schweiz den Zusammenarbeitsvertrag mit den USA abschloß, machten die Amerikaner ihn davon abhängig, daß die Arbeiten auf Schweizer Seite ausschließlich friedlichen Zwecken dienten. Diese Auflage bildete in der Folge auch einen Teil jeder Vereinbarung über Uranlieferungen aus den USA sowie von Zusammenarbeitsabkommen mit anderen Ländern, und ihre Einhaltung wurde zunächst durch die USA, später durch die Internationale Atomenergie-Organisation (IAEO) in Wien kontrolliert. Daher waren alle von der Reaktor AG und später am EIR vorgenommenen Arbeiten ausnahmslos auf nichtmilitärische Ziele ausgerichtet.

... doch ausschließlich friedliche Ziele

Auch wenn das Sekretariat der SKA von einem Physiker der Kriegstechnischen Abteilung, Dr. A. Krethlow, betreut wurde und die Kredite für die SKA im Budget des Militärdepartements untergebracht waren, darf daraus nicht geschlossen werden, der Bund habe sich allein aus militärpolitischen Gründen für die Atomtechnik interessiert. Allerdings schuf der Bundesrat erst im Sommer 1955 eine interdepartementale Administrativkommission für Atomenergiefragen. Und erst

im Januar 1956 bildete er eine Delegation für Fragen der Atomenergie, bestehend aus den Vorstehern des Politischen, des Volkswirtschafts- sowie des Post- und Eisenbahndepartements.

Der Delegierte für Atomfragen

Anspruchsvolle Aufgaben

Gleichzeitig ernannte der Bundesrat den Industriemanager Dr. Otto Zipfel, der sich als Delegierter des Bundesrates für Arbeitsbeschaffung schon um die Forschungsförderung mit Bundesgeldern verdient gemacht hatte, zum Delegierten des Bundesrates für Fragen der Atomenergie. Sein Auftrag bestand in der *«bestmöglichen Koordinierung aller von der Wissenschaft, der Wirtschaft und der Verwaltung ausgehenden Pläne und Projekte im Bereich der Atomenergie wie auch im fortlaufenden Studium aller mit der friedlichen Verwertung der Kernspaltung zusammenhängenden Probleme»*. Zur Erfüllung dieser anspruchsvollen Aufgaben verfügte Zipfel allerdings weder persönlich noch in seinem Büro über das nötige Fachwissen. Der Sachverstand wurde von außen durch Kommissionen und Experten aus den an der Atomenergie interessierten Kreisen vermittelt. So z.B. wurde Ende 1958 die «Eidgenössische Kommission für Atomenergie» eingesetzt, die der Delegierte präsidierte und in der Industrie, Elektrizitätswerke und Wissenschaft vertreten waren.

1958: Kommission für Atomenergie

Mit der Ernennung des Delegierten ging die Federführung in Atomenergiefragen an das Politische Departement über, dem das Büro des Delegierten bis April 1961 eingegliedert war. In bezug auf die staatliche Förderung der Atomtechnik bedeutete allein diese Übergabe eine klare Weichenstellung in Richtung ziviler Anwendungen. Dieser Schritt erwies sich als notwendig und unvermeidlich, wenn die Schweiz auf diesem Gebiet raschere Fortschritte machen wollte, als das in den etwas mehr als zehn Jahren seit Beginn der Anstrengungen für den Aufbau eines eigenen technischen Potentials der Fall gewesen war. Die in dieser Zeit gesammelten Erfahrungen zeigten deutlich, daß ohne enge Zusammenarbeit mit dem Ausland die Schweizer Kräfte zu bescheiden waren, um innerhalb nützlicher Frist den vollen Zugang zur Atomtechnik zu erhalten.

Zusammenarbeit mit Ausland nötig

Erste gesetzliche Grundlagen

Zudem hatte 1955 die erste Genfer Konferenz über die friedliche Verwendung der Atomenergie (s. 3. Kapitel) nicht bloß Aufschluß darüber gegeben, wie weit die Industrie der

Atomwaffenstaaten auf dem Weg zur zivilen Nutzung der Atomenergie bereits vorangekommen waren. Auch andere Industriestaaten hatten dort ihren Willen bekundet, in der zivilen Atomtechnik ebenfalls aktiv mitzuwirken. Und das Programm «Atome für den Frieden» des amerikanischen Präsidenten Eisenhower versprach allen Staaten, die sich ausschließlich friedlichen Zwecken verpflichteten, einen gewissen Technologietransfer. Als Folge dieser Entwicklungen war zu erwarten, daß der bereits gestartete internationale Wettbewerb um die wirtschaftliche Nutzung der Atomenergie nun ein schärferes Tempo annehmen werde. Im Einvernehmen mit der interessierten Industrie und mit der Wissenschaft mußten sich deshalb die Bundesbehörden dafür entscheiden, die Zusammenarbeit mit dem Ausland rasch aufzubauen.

USA versprechen Technologietransfer

Unter der Federführung des Politischen Departementes wurden nun die ersten gesetzlichen Grundlagen für den friedlichen Einsatz der Atomenergie geschaffen, auch schloß man Verträge für die Zusammenarbeit der Schweiz mit einigen wichtigen Partnerländern. Während diese Tätigkeiten des Bundes ganz der bisherigen Rollenverteilung zwischen Staat und Privaten entsprachen, betrat der Bund mit der immer weiteren Ausdehnung seiner finanziellen Unterstützung der Wirtschaft ideologisch umstrittenes Neuland. Die Übernahme der ohnehin zu mehr als zwei Dritteln vom Bund finanzierten Anlagen der Reaktor AG in Würenlingen und ihre – am 1. Mai 1960 erfolgte – Überführung in das Eidg. Institut für Reaktorforschung (EIR) als Annexanstalt der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich bedeutete, politisch gesehen, noch eine Flurbereinigung im Sinne der traditionellen Aufgabenteilung (s. 6. Kapitel).

Gesetze

Verträge

Flurbereinigung

Förderungs-Beschluß

Dieser Schritt genügte jedoch nicht, um die Realisierung der Pläne der Wirtschaft für den Reaktorbau in der Schweiz zu sichern. Mit dem Bundesbeschluß vom 15. März 1960, betreffend die Förderung des Baus und Experimentalbetriebs von Versuchs-Leistungsreaktoren, ermächtigten die Eidgenössischen Räte den Bundesrat, bis zur Hälfte der Kosten solcher Reaktorprojekte zu übernehmen. Dafür bewilligten die Räte zunächst einen Rahmenkredit von 50 Millionen Franken und gestatteten so dem Bund, eine industrielle Entwicklung, nämlich die von Atomreaktoren zu fördern.

Bund unterstützt industrielle Entwicklung

Damit übertrugen sie dem Bund auch die bedeutende neue Verantwortung, über den sinnvollen Einsatz dieser



Prof. Dr. Urs Hochstrasser, Delegierter des Bundesrats für Atomfragen.

öffentlichen Gelder zu wachen. Nun gehörte aber eine solche Verantwortung eindeutig nicht in den Aufgabenbereich des Politischen Departements. Deshalb übernahm im Frühjahr 1961 das Post- und Eisenbahndepartement, das damals auch für Energiefragen zuständig war, den Delegierten für Fragen der Atomenergie und sein Büro. Als Delegierter hatte 1959 ein Diplomat des Politischen Departementes, Minister Jakob Burckhardt, den aus Altersgründen zurücktretenden ersten Amtsinhaber Dr. Zipfel abgelöst. Da Burckhardt nun wieder in den diplomatischen Dienst zurückkehren wollte, stellte sich gleichzeitig auch das Problem der Neubesetzung dieses Postens. Der damalige Vorsteher des Post- und Eisenbahndepartements, Bundesrat Willy Spühler, erkannte, daß in jener Phase der Realisierung der Pläne für einen schweizerischen Versuchs-Leistungsreaktor ein Fachmann notwendig war. Daher schlug er, nach Konsultation von Wirtschaft und Wissenschaft, dem Bundesrat als neuen Delegierten Prof. Dr. Urs Hochstrasser vor, der damals als erster Wissenschaftsrat an den schweizerischen Botschaften in Washington D.C. und Ottawa tätig war. Mit der Ernennung eines Naturwissenschaftlers für die vollamtliche Betreuung der Bundesaufgaben im Bereiche der Atomenergie folgte der Bundesrat dem Beispiel der meisten in der Atomtechnik engagierten Industriestaaten.

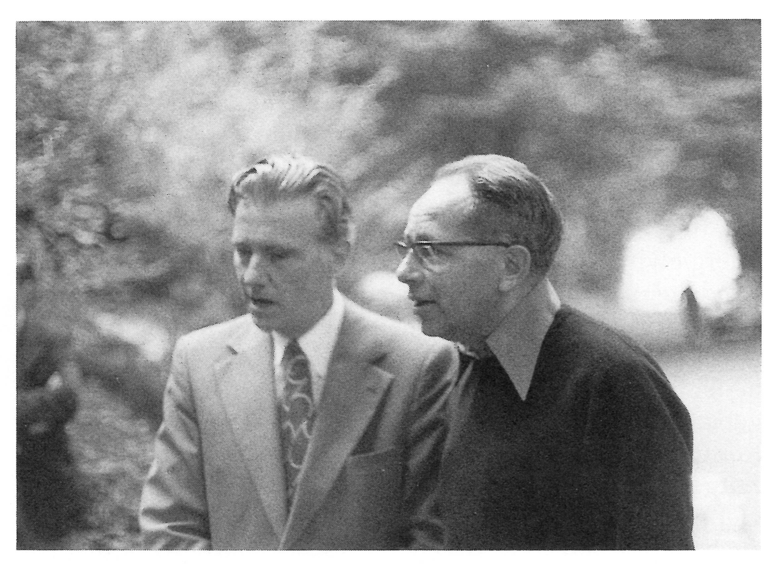
Delegierter für Fragen der Atomenergie

Zur Wahrnehmung einer aktiveren Rolle in der Zusammenarbeit zwischen Bund, Wirtschaft und Wissenschaft erweiterte der neue Delegierte sein Büro im Rahmen der beschränkten Möglichkeiten, indem er den Physiker Prof. Dr. Claude Zangger, den Geologen Dr. Felix Gilliéron und den Reaktoringenieur Hans Enzmann beizog.

Neustrukturierung

Neben den Förderungsaufgaben galt es auch, eine Organisation für die gesetzlich festgelegte Aufsicht über die Atomenergieanlagen aufzubauen, welche die Elektrizitätswirtschaft zur Stromerzeugung künftig bauen würde. Schon die Sicherheitskontrolle beim Bau des Versuchskraftwerkes Lucens beanspruchte das 1960 für solche Aufgaben eingesetzte nebenamtliche Organ, die Eidg. Kommission für die Sicherheit der Atomanlagen (KSA), bis an die Grenze seiner Möglichkeiten. Deshalb wurde 1967 im Büro des Delegierten eine Sektion für die Sicherheit der Atomanlagen (SSA) mit einigen vollamtlichen Mitarbeitern geschaffen. 1969 benannte man die SSA in die Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (ASK) um

Aufsichts-Organe



Dr. Peter Courvoisier, links, Leiter der Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen, und Frits Weehuizen, später Präsident der Eidg. Kommission für die Sicherheit der Atomanlagen.

Sitz am EIR

und wies sie dem Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW) zu. Die ASK erhielt ihren Standort am Eidg. Institut für Reaktorforschung (EIR) in Würenlingen, um unmittelbaren Zugang zu dessen Reaktorspezialisten und Prüfeinrichtungen zu haben. Der Sekretär der KSA, Dr. Peter Courvoisier, der sich für die Neuerung initiativ eingesetzt hatte, leitete die ASK bis zu seiner Pensionierung 1980. Seit 1982 ist die ASK eine Hauptabteilung am BEW und wird HSK benannt.

60er-Jahre: Kernenergie verliert Sonderstellung

Ende der 60er-Jahre wurde aus zwei Gründen eine umfassende Neustrukturierung der vom Delegierten betreuten Aufgaben notwendig. Zum einen stand die Inbetriebnahme des ersten kommerziellen Atomkraftwerks der Schweiz, Beznau I, bevor. Zum andern erwies sich eine Neuorganisation der Bundesverwaltung im Bildungs- und Forschungsbereich als dringlich, weil im laufenden Jahrzehnt die Verpflichtungen des Bundes auf diesen Gebieten, z.B. im Zusammenhang mit dem Hochschulförderungsgesetz, enorm zugenommen hatten. Die Kernenergie wurde damals gewissermaßen «mündig» und verlor damit einen wesentlichen Teil ihres Anspruches auf Sonderstellung gegenüber den anderen Energietechniken. Die Verantwortung für die Förderung der Atomtechnik mit derjenigen für die Kontrolle der sicheren Anwendung dieser Technik beim Delegierten zu vereinen, rechtfertigte sich in der Forschungs- und Entwicklungsphase allein schon im Hinblick auf die wenigen Fachleute, die für solche Aufgaben zur Verfügung standen.

Sowie aber die Kernenergie in die Phase ihrer wirtschaftlichen Nutzung eintrat, erschien eine Aufteilung des Pflichtenheftes des Delegierten zweckmäßig und notwendig. Denn nur

so konnte der Verdacht vermieden werden, daß der Delegierte wegen seines Einsatzes zur Förderung der Atomtechnik bei der Beurteilung ihrer Sicherheit zu unverantwortlichen Zugeständnissen bereit wäre, um seine Förderungspolitik nicht zu kompromittieren. Deshalb schlug der Delegierte die Liquidierung dieses Postens und die Aufteilung seiner Verantwortungen und seines Büros vor, und zwar auf das Bundesamt für Energiewirtschaft, soweit es sich um Aufsichtsfunktionen handelte, und auf die neue Abteilung für Wissenschaft und Forschung, soweit es um Aufgaben der Forschungsförderung ging. Der Bundesrat folgte 1969 diesem Vorschlag. In der neuen Abteilung wurde eine Sektion «Atomforschung» aufgebaut, deren Leitung ein erfahrener Mitarbeiter des EIR, der Kernphysiker Dr. Jean-Michel Pictet, übernahm. Damit war die zeitgemäße Einbettung der Kerntechnik einerseits in die Energiepolitik, andererseits in die Forschungspolitik des Bundes auch organisatorisch gesichert und auf zwei verschiedene Departemente verteilt.

Aufteilung der Bundes-Zuständigkeit

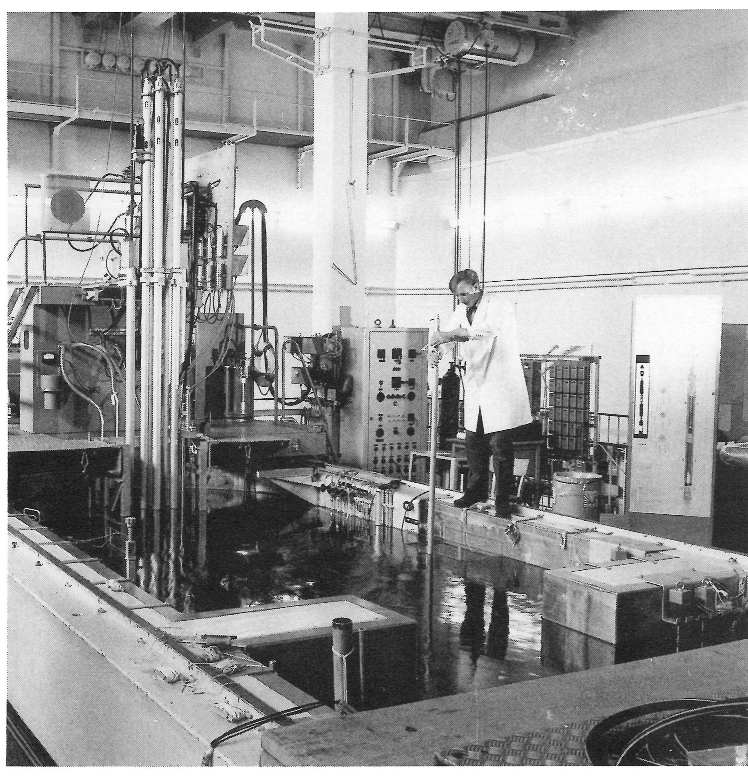
Das Atomgesetz

Wie aus dem Obenstehenden hervorgeht, versuchten die Bundesbehörden, den neuen Anforderungen, die eine aktive Beschäftigung mit der Atomenergie an die staatlichen Organe stellte, zunächst innerhalb der bestehenden Rechtsordnung und mit den vorhandenen administrativen Strukturen gerecht zu werden. Eine rechtliche Grundlage für ein aktives Eingreifen in kerntechnische Belange besaß der Bund vor allem in der Landesverteidigung und in der Außenpolitik. Art. 23 der Bundesverfassung gibt dem Bund in erster Linie auf diesen beiden Gebieten die Kompetenz zur Errichtung oder zur Unterstützung öffentlicher Werke. Auf diesen Artikel wurde bereits 1946 die Bundesförderung der Forschung auf dem Gebiete der Atomenergie rechtlich abgestützt, ebenso wie 1960 auch ein Bundesbeschluß über die «Förderung des Baus und Experimentalbetriebs von Versuchs-Leistungsreaktoren».

Rechtliche Grundlagen …

Noch in den 50er-Jahren aber trat die friedliche Verwendung der Atomenergie für die Schweiz in den Vordergrund, denn allein für diese Anwendung bestanden realistische Aussichten, mit Hilfe internationaler Zusammenarbeit bald einen interessanten Zugang zu erhalten. Für diesen Weg, der schon aus außenpolitischen Gründen eine klare Trennung von friedlichen und militärischen Tätigkeiten verlangte, reichte das bestehende Bundesrecht eindeutig und bei weitem nicht aus. Bevor es jedoch ausgebaut werden konnte, mußte in der

… nicht mehr ausreichend



Der Schwimmbad-Reaktor SAPHIR, von der Eidgenossenschaft an der Genfer Konferenz «Atome für den Frieden» 1955 von den USA gekauft und der Reaktor AG als Forschungsinstrument überlassen.

föderalistischen Schweiz der Bund überhaupt die Zuständigkeit für die Gesetzgebung auf dem Gebiete der Atomenergie erlangen, da ja alle Kompetenzen, die in der Bundesverfassung nicht ausdrücklich dem Bund zugewiesen sind, den Kantonen vorbehalten bleiben.

Der Artikel 24quinquies

In Anbetracht der hohen fachlichen Ansprüche, welche die Bearbeitung atomtechnischer Probleme stellte, war es von vornherein klar, daß die einzelnen Kantone die erforderliche Sachkompetenz kaum würden bereitstellen können. Zudem war es nur rationell, verschiedene Aspekte der praktischen Nutzung der Atomenergie, z. B. die Sicherheit, im gesamtschweizerischen Rahmen zu betrachten. Deshalb begegnete der Vorschlag des Bundesrates vom April 1957, einen Artikel 24 quinquies in die Bundesverfassung aufzunehmen, der diese Zuständigkeit des Bundes verankerte und ihm gleichzeitig die Pflicht zum Erlaß von Vorschriften über den Schutz vor den Gefahren ionisierender Strahlen übertrug, der Zustimmung sowohl der Bundesversammlung als auch von Volk und Ständen.

Die Zeit drängt

Mit der Vorbereitung der entsprechenden Ausführungsgesetzgebung konnten sich die Bundesbehörden nicht viel Zeit lassen, weil seit Mai 1957 in Würenlingen auf dem Gelände der

Reaktor AG der Forschungsreaktor SAPHIR bereits in Betrieb und gleichenorts der leistungsfähigere Materialforschungsreaktor DIORIT im Bau stand. Zudem waren Industrie und Elektrizitätswerke mit der Projektierung von Atomkraftwerken bereits weit vorangeschritten.

1959: Atomgesetz

Obschon die Meinungen über das Ausmaß der Bundeskompetenzen bei der Bewilligung des Baus und Betriebs von Atomkraftwerken auseinandergingen, vermochten die Eidgenössischen Räte das Gesetz über die friedliche Verwendung der Atomenergie und den Strahlenschutz noch vor Ende 1959 zu verabschieden. Es verpflichtete den Bund, die wissenschaftliche Forschung über die friedliche Verwendung der Atomenergie, über die Strahlengefährdung und den Strahlenschutz zu fördern und die Ausbildung von Fachleuten zu unterstützen. Hinsichtlich der Beitragsleistung an die Forschung von «Erwerbsunternehmen» sah der Entwurf des Bundesrates ausdrücklich vor, daß dafür keine staatliche finanzielle Hilfe gegeben werde. Im Gesetz selber wurde dieser Grundsatz mit der Ausnahmebestimmung relativiert: «*Wenn das öffentliche Interesse es verlangt, können ausnahmsweise Vorhaben von Erwerbsunternehmen zur Förderung der Forschung und Ausbildung von Fachleuten mit Bundesmitteln unterstützt werden. Der Bund kann sich an solchen Unternehmen beteiligen*».

Industrieförderung relativiert

Das Bewilligungsverfahren

Polizeigesetz

Das Gesetz führte ein Bewilligungsverfahren für den Bau und Betrieb von Atomanlagen ein, ebenso für jede Form des Besitzes von Atombrennstoffen und Rückständen, wie Ein- und Ausfuhr, Transport und Abgabe solcher Stoffe. Ferner unterstellte es derartige Anlagen und Stoffe der Aufsicht des Bundes. Die Verantwortung des Bundes beschränkte sich damit auf eine polizeiliche Erlaubnis – im Gegensatz zum Konzessionsverfahren, das im Ausland, insbesondere in den USA für diese Zwecke gewählt worden war.

Haftpflicht, Strahlenschutz, Vollzugsbestimmungen

Auch Haftpflicht und Versicherung der Inhaber von Atomanlagen sowie radioaktiver Atombrennstoffe und Rückstände wurden geregelt. In Berücksichtigung der Schwierigkeit, mangels Erfahrung mit nuklearen Schadenfällen insbesondere die Langzeitrisiken auf privater Basis zu versichern, beauftragte das Gesetz den Bundesrat, einen Fonds für Spätschäden zu errichten und zu beaufsichtigen. Des weiteren regelte es die Aufgaben des Bundes beim Strahlenschutz, und es legt Straf- und Vollzugsbestimmungen zur Durchführung der in ihm enthaltenen Vorschriften fest.

Dieses Gesetz erwies sich in den darauffolgenden Jahren als insgesamt recht brauchbar, um den berechtigten Sicherheitsanliegen der Öffentlichkeit beim nun einsetzenden Bau von Atomkraftwerken Nachachtung zu verschaffen. Es war so vorausschauend und flexibel formuliert, daß sich während des hier betrachteten Zeitraums keine Änderungen als notwendig erwiesen. Das gewählte Bewilligungsverfahren gab dem Bund allerdings keine Möglichkeiten, selber gestaltend auf die Ausbaupläne der Elektrizitätswirtschaft im Bereiche der Atomkraftwerke Einfluß zu nehmen, weil es keinen Bedürfnisnachweis für neue Anlagen vorsah, wie er bei einem Konzessionsverfahren üblich ist. Mit dem Bundesbeschluß vom 6. Oktober 1978 zum Atomgesetz sollte dies geändert werden, als immer mehr neue Projekte für Atomkraftwerke auf sich verstärkende, massive Opposition trafen. Dieser Beschluß konnte, nachdem gegen ihn das Referendum ergriffen worden war, erst nach einer zustimmenden Volksabstimmung am 20. Mai 1979 auf den 1. Juli 1979 hin in Kraft gesetzt werden.

Flexibel und vorausschauend

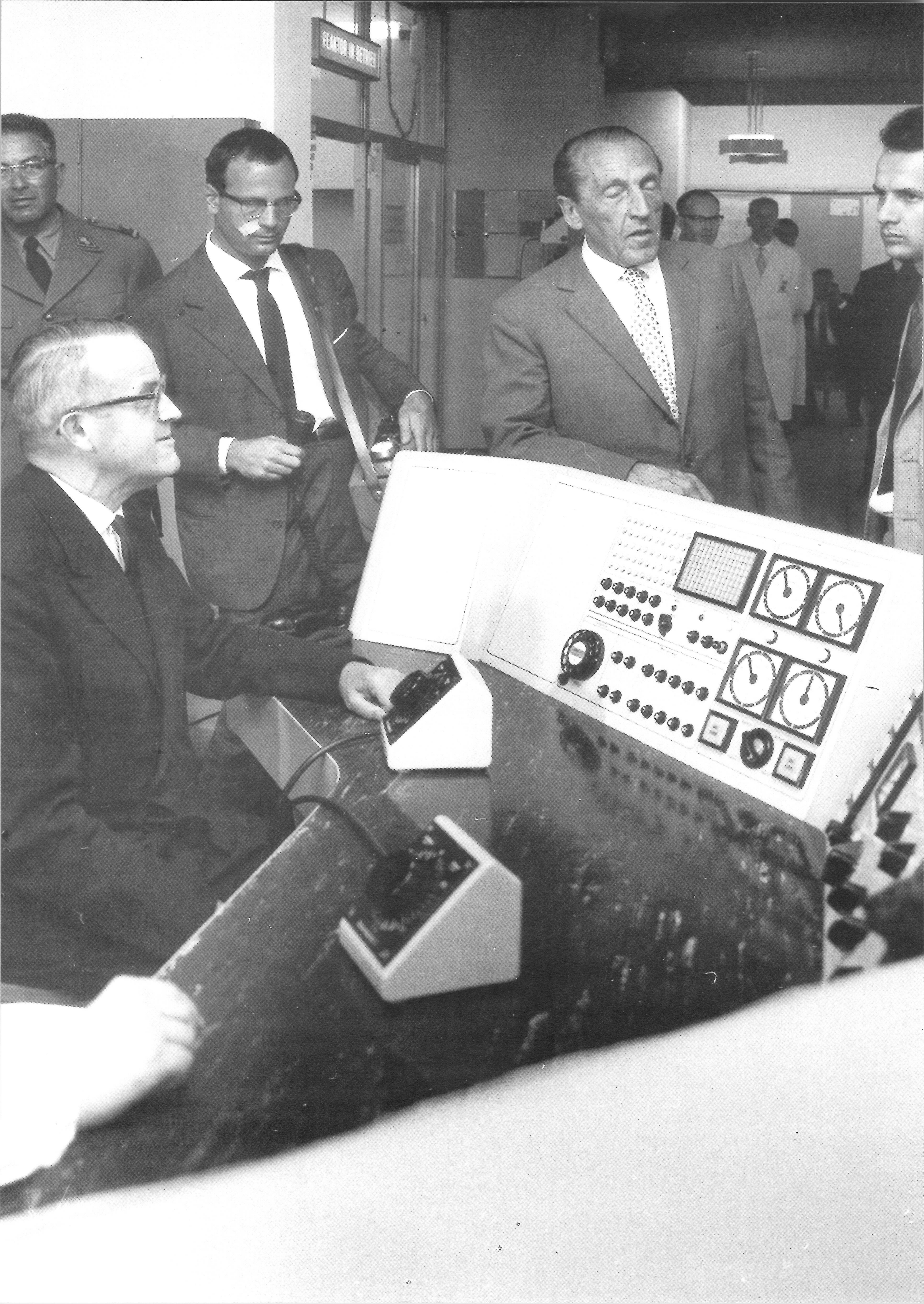
Erst 1979: Bedürfnisnachweis

Die Durchführung des Gesetzes wurde rasch an die Hand genommen. Bereits auf den 1. Juli 1960 trat eine Verordnung in Kraft, die den «Fonds für Atomspätschäden» als öffentlichrechtliche Anstalt begründete. Das Bewilligungsverfahren konnte anläßlich von Bau und Betrieb des Versuchs-Atomkraftwerks Lucens noch vor Beginn der Ära der kommerziellen Atomkraftwerke ausgestaltet werden. Denn schon in Lucens erwies es sich als notwendig, die im Gesetz vorgesehene Bewilligung für die Erstellung einer Atomanlage in mindestens eine Standort- und in eine Baubewilligung aufzuspalten. Bei Lucens wurde, wegen der Neuheit des dort angewandten Konzepts, die Baubewilligung in mehreren Etappen – jeweils nach Vorliegen ausreichender technischer Unterlagen – erteilt. So war es möglich, große Verzögerungen bei der Realisierung von Atomkraftwerken durch die behördlichen Genehmigungsverfahren, wie sie in anderen Ländern vorkamen, weitgehend zu vermeiden.

Standort- und Baubewilligung

Bei den späteren, kommerziell beschafften Anlagen erwies sich eine solche Aufspaltung der Baubewilligung nicht mehr als sinnvoll, weil sie eine bereits erprobte Technik verwendeten. Hingegen wurde die separate Standortbewilligung beibehalten. Zum einen erlaubte sie den Elektrizitätswerken mehr Zeit und Flexibilität bei der Auswahl der Anlagelieferanten. Zum andern ergaben sich aus der Prüfung des Standorts, welche der Standortbewilligung vorausgehen muß, manchmal auch wichtige Erkenntnisse für die Auslegung der Reaktorgebäude, z. B. hinsichtlich der Erdbebensicherheit.

Später nur noch Standortbewilligung separat



5. Kapitel

Bundes-Förderung

Die großzügige Unterstützung, die sie schon in den 40er-Jahren Grundlagenforschung und Ausbildung angedeihen ließ, verstärkte die Eidgenossenschaft in der zweiten Hälfte der 50er-Jahre massiv. Ab 1952 verwaltete die Kommission für Atomwissenschaft, ab 1963 der Nationalfonds diese Förderungsmittel. Von Mitte der 50er-Jahre an wurden auch die Anlagen der privatwirtschaftlichen Reaktor AG immer stärker unterstützt, ehe sie der Bund 1960 als Eidg. Institut für Reaktorforschung übernahm. Die industrielle Entwicklung einer schweizerischen Reaktorlinie wurde vom Bund teilfinanziert. Auf die Industrie indirekt fördernd wirkten der Abschluß internationaler Abkommen und die Beteiligung an europäischen Gemeinschaftsprogrammen.

Von Anfang an großzügige Förderung

Analysiert man die Förderungsmaßnahmen des Bundes auf dem Gebiet der kerntechnischen Forschung und Ausbildung am Ende der 40er- und zu Beginn der 50er-Jahre, so fällt eines auf: Die Bundeshilfe wurde recht großzügig auch für Grundlagenforschungen eingesetzt, die nur entfernt mit der eigentlichen Kerntechnik verbunden waren. Insbesondere kernphysikalische Projekte erhielten Bundesunterstützung, selbst wenn eine unmittelbare Verbindung mit der Entwicklung einer eigenen Kerntechnik nicht herzustellen ist. Dies hängt sicher damit zusammen, daß im Kreise der Promotoren einer schweizerischen Kerntechnik die Kernphysiker um Prof. Paul Scherrer sehr stark vertreten waren, und daß dieser Kreis eine maßgebliche Rolle in den Kommissionen spielte, welche die Bundesgelder für die Forschung zu verteilen hatten. Eine rationale Begründung dieser weitherzigen Förderungspolitik war die Hoffnung, durch Grundlagenforschung noch andere Kernspaltungen als die von Uran und Plutonium entdecken und für die Energieerzeugung erschließen zu können.

Die Kommission für Atomwissenschaft

Ab Ende der 50er-Jahre verstärkt

In der zweiten Hälfte der 50er-Jahre begnügten sich die Bundesbehörden nicht mit der Schaffung der rechtlichen Grundlagen für ihre Zuständigkeit auf dem Gebiet der Atomenergie, sie verstärkten auch ihre Unterstützung für die einschlägige Forschung und Ausbildung ganz erheblich. So z.B. bewilligten die Eidgenössischen Räte für das Jahr 1958 dafür 10,5 Millionen Franken, und für die folgenden vier Jahre gewährten sie insgesamt 40 Millionen Franken. Diese Gelder erhielt der Schweizerische Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung mit der Auflage, zu deren Verteilung eine «besondere, aus Fachleuten der Atomwissenschaft und verwandter Wissenschaften sowie aus Vertretern des Bundes» gebildete Kommission, die Kommission für Atomwissenschaft (KAW), zu schaffen. Der Nationalfonds ist eine als private Stiftung seit 1952 tätige Selbstverwaltung der wissenschaftlichen Gemeinde für Forschungsgelder des Bundes. Die KAW löste die seit 1946 amtierende Studienkommission für Atomenergie (SKA) ab. Die KAW erhielt schon im ersten Jahr ungefähr gleich viel Geld wie die SKA in den zwölf Jahren ihres Bestehens zusammengenommen.

Verteilung durch Nationalfonds und KAW

Mit der Botschaft zum 40-Millionen-Kredit wurde den Eidgenössischen Räten erstmals in der Geschichte der schweizerischen Forschungspolitik ein Programm vorgelegt, das die Förderung der Grundlagenforschung in ausgewählten

Gebieten zum Inhalt hatte. Im Zentrum stand die Kernphysik, für deren vermehrte Pflege die schweizerischen Hochschulen mit Teilchenbeschleunigern und mit neuzeitlichen Meßapparaturen ausgerüstet werden sollten. Diese Vorgabe wurde dann so in die Praxis umgesetzt, daß die Physikinstitute der Universitäten Basel, Neuenburg und Zürich je mindestens einen Beschleuniger für niedere Energien und jene der Universitäten Basel und Genf je einen kleinen Forschungsreaktor erhielten. Für weitere vorgesehene Anschaffungen reichte das Geld nicht mehr, nachdem zuvorderst die individuellen Ausrüstungswünsche der in der KAW sitzenden Kernphysiker berücksichtigt worden waren.

Vor allem für Kernphysik

Die Botschaft sah auch die Bildung einer Arbeitsgruppe für die Erforschung der Kernfusion vor. Dieses Vorhaben wurde in Form des «Centre Suisse pour la Recherche sur la Physique du Plasma» (CRPP) in Lausanne verwirklicht, jedoch erst am Ende der Tätigkeit der KAW, weil es schwierig war, die benötigten Fachleute zu rekrutieren. 1972 gliederte man das CRPP der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne an. Da ein kleines Land wie die Schweiz diese sehr komplexen und daher sehr aufwendigen Forschungen niemals mit Aussicht auf Erfolg im Alleingang bearbeiten konnte, wurde schon bald eine internationale Zusammenarbeit angestrebt, allerdings erst 1978 durch Einbezug der Tätigkeit des CRPP in das Fusions-Programm der EURATOM erreicht.

Fusions-Forschung mit EURATOM

Gefördert sollten auch Arbeiten auf den folgenden Gebieten werden, die man ebenfalls der Atomforschung zurechnete: Strahlenschutz und Strahlenbiologie; Strahlenchemie, insbesondere die Anwendung ionisierender Strahlen auf Kunststoffe und für die Konservierung von Nahrungsmitteln; die Anwendung von Radioisotopen in Medizin, Chemie und Biologie zur Abklärung von Strukturen und Vorgängen mit Tracerverfahren; die Suche nach radioaktiven Stoffen im Boden, insbesondere nach Uran und anderen Ausgangsstoffen für Spaltmaterial; in den Ingenieurwissenschaften Grundlagenarbeiten für die Nutzung der Kernspaltung zur Erzeugung elektrischer Energie.

Strahlung und Uran-Suche

Der Nationalfonds übernimmt

Bei der Durchführung dieses weitgespannten Forschungsprogrammes hielt sich die KAW weitgehend an die Traditionen des Nationalfonds, d.h. sie überließ es in der Regel den Forschern, mit Gesuchen an sie zu gelangen. Bei der Entscheidung über die Zuteilung der Gelder berücksichtigte sie vor

Vorrang für Wissenschaft

allem die wissenschaftliche Qualität, wogegen die Bedeutung der geplanten Arbeiten für die Entwicklung der schweizerischen Kerntechnik – mit Ausnahme der ingenieurwissenschaftlichen Projekte – meist nur eine untergeordnete Rolle spielte.

Wenig Mittel für Kerntechnik

Die KAW unterstützte manche Forschungsarbeit, die international Anerkennung fand. Außerdem konnte eine ganze Anzahl junger Wissenschaftler auf der Nachdiplomstufe ausgebildet und anschließend der schweizerischen Forschung erhalten werden. Aber nur ein bescheidener Teil ihrer Mittel kam unmittelbar der schweizerischen Kerntechnik und so gut wie nichts den Bemühungen um eine schweizerische Kernwaffentechnik zugute. Deshalb bestand weitgehend Einigkeit, diese Organisation nach nur fünfjähriger Tätigkeit 1963 aufzulösen und ihre Aufgabe voll in den Nationalfonds zu integrieren. Folglich erhielt dieser von 1963 an wesentlich mehr Mittel vom Bund, nämlich 23 Millionen Franken pro Jahr. Die Begünstigung der Atomwissenschaften hatte damit ein Ende – für sie waren dem Nationalfonds seit 1958 jährlich zehn Millionen Franken, für alle übrigen Wissensgebiete nur sieben Millionen Franken zur Verfügung gestanden.

1963: Reduktion, weil ...

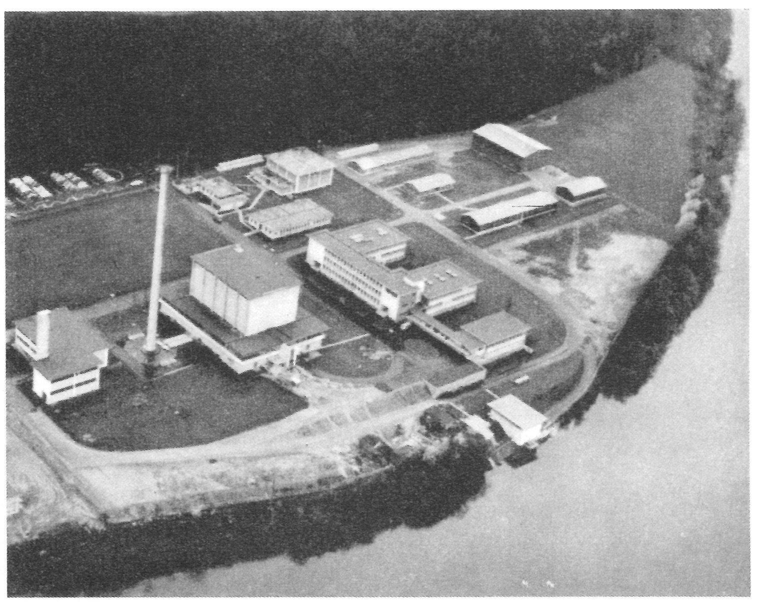
... keine Grundlagenforschung mehr

Diese Neuorganisation trug auch dem Umstand Rechnung, daß es beim Aufbau der Kerntechnik in der Schweiz in den 60er–Jahren nicht mehr um Grundlagenforschung ging, sondern allenfalls um angewandte Forschung, zum Teil sogar um industrielle Entwicklung. Wollte der Bund in diesen Stadien finanzielle Unterstützung gewähren, mußte er das direkt im Rahmen der Ressortforschung tun, damit er auch die Verantwortung für einen solchen Einsatz seiner Gelder voll übernehmen konnte.

Bundeshilfe für die Industrie

Zunächst kein Uran für industrielle Entwicklung

Allerdings hatte die industrielle Kerntechnik-Entwicklung schon aus den Krediten der SKA einige – wenn auch bescheidene – Beiträge erhalten, die vor allem zur Projektierung von Versuchsreaktoren und zur Abklärung der Beschaffungsmöglichkeiten von Werk- und Brennstoffen verwendet wurden. Die Resultate dieser Studien konnten aber bis Mitte der 50er-Jahre nicht in die Tat umgesetzt werden, da es trotz intensiver Bemühungen – auch seitens der Bundesbehörden – nicht gelang, das erforderliche Uran zu beschaffen. Erst 1954 gelangte der Bund in den Besitz von zehn Tonnen metallischen Urans, das die britische Regierung im Rahmen eines Dreieck-



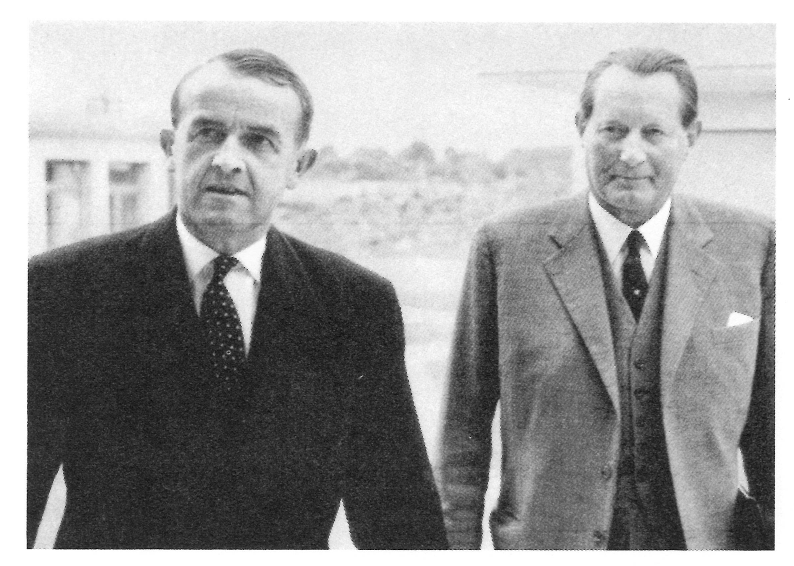
Im Mai 1960, als die Reaktor AG ihre Forschungseinrichtungen in Würenlingen an den Bund übertrug, schrieb die «Schweizer Illustrierte» unter dieses Luftbild des neuen EIR: *Das Gelände an der Aare war noch im Jahre 1955 völlig einsam und verlassen. Heute ist das Schweizer Atomforschungszentrum, wo 300 ausgesuchte Kräfte arbeiten, in seinen Hauptanlagen vollendet. Das quadratische Gebäude am Waldrand enthält den Reaktor SAPHIR, der Hochbau in der Mitte den DIORIT. Auf dem Baugrund links werden nun noch zwei Laboratorien errichtet, die zusammen rund 15 Millionen Franken kosten werden.*

geschäftes lieferte, bei dem Belgien Uranerz aus dem Belgisch-Kongo zur Verfügung stellte.

1954: Bund unterstützt Industrie

Sowie das Fehlen von Uran als wesentliches Hindernis für die schweizerische Reaktorentwicklung nicht mehr bestand, wandte sich die interessierte Industrie unter Führung von Dr. Walter Boveri, dem Präsidenten der Brown Boveri & Cie. AG (BBC), sofort an den Bund mit dem Verlangen, er möge sich am Bau eines größeren Versuchsreaktors von mindestens zehn Megawatt Leistung beteiligen. Die Eidgenössischen Räte traten schon Ende 1954 auf dieses Begehren ein und bewilligten 11,8 Millionen Franken. Fünf Millionen davon sollten ein Viertel der geschätzten Anlagekosten, der Rest die Betriebskosten in den ersten Jahren decken. Überdies stellte der Bund das notwendige Uran zur Verfügung. Hingegen lehnte es der Bundesrat wegen fehlender gesetzlicher Grundlagen ab, Aktien der zur Ausführung dieses Vorhabens zu gründenden «Reaktor AG» zu übernehmen.

Schon bald zeigte sich aber, daß der Bund Bau und Betrieb der Forschungseinrichtungen dieses Unternehmens in viel größerem Umfang unterstützen mußte, um den Fortbestand und eine angemessene Entwicklung dieses Zentrums in Würenlingen zu sichern (1955 stellte der Bund auch den von den USA gekauften Forschungsreaktor SAPHIR kostenlos zur Verfügung). Bis zur Übernahme der Anlagen und Mitarbeiter durch den Bund – der Gründung des Eidg. Instituts für Reaktorforschung (EIR) – am 1. Mai 1960 trug die Eidgenossenschaft 28 Millionen Franken zur Infrastruktur und 17 Millionen



Die Schweizer Illustrierte im Mai 1960: *Dr. Max Petitpierre, der gegenwärtige Bundespräsident, und Dr. Walter Boveri, Präsident der Reaktor AG (rechts), besichtigen die Anlagen in Würenlingen. Als Außenminister und zugleich «Atomminister» hat sich Bundesrat Petitpierre die Nutzbarmachung der Kernenergie für die Schweiz zu seinem eigenen und ganz besonderen Anliegen gemacht. Es ist das Resultat jahrelanger Partnerschaft zwischen Staatsmann und Industrieführer, daß heute Würenlingen steht.*

Franken zu den Betriebskosten bei, die private Wirtschaft etwa 18 Millionen Franken direkt sowie rund sieben Millionen Franken indirekt und in Form von Naturalleistungen.

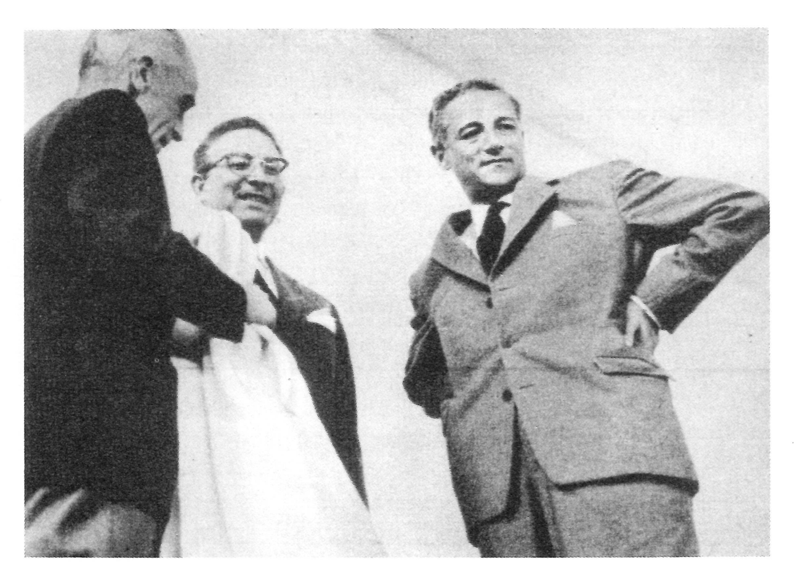
Förderung von Versuchs-Leistungsreaktoren

3 Reaktorprojekte

Während diese staatliche Hilfe noch im wesentlichen angewandte Forschung betraf, handelte es sich bei den Projekten, für die Ende 1958 und Anfang 1959 die drei privatwirtschaftlichen Gruppen SUISATOM, ENUSA und «Konsortium für den Bau eines Versuchsatomkraftwerks» um namhafte Bundesbeiträge ansuchten, eindeutig um industrielle Entwicklungen (s. auch 7. und 8. Kapitel). Angesichts der enormen personellen und finanziellen Mittel, die im Ausland für die Entwicklung nur eines einzigen Reaktorkonzeptes eingesetzt wurden, wäre eine staatliche Hilfe für alle drei Projekte nicht sinnvoll und erfolgversprechend gewesen. Abgesehen von seinen begrenzten finanziellen Möglichkeiten, konnte der Bund nicht mehr allein auf die Meinung der Interessierten abstellen. Daher ließ er, unter Beizug von ausländischen Experten, ein eigenes Konzept für den nächsten Schritt der schweizerischen Kernreaktorentwicklung ausarbeiten.

Bundesrat für nationale Organisation

Als Ergebnis präsentierte der Bundesrat Ende Januar 1960 den Eidgenössischen Räten eine Botschaft über die «Förderung des Baues und Experimentalbetriebes von Versuchs-Leistungsreaktoren», in der er einen Kredit von 50 Millionen Franken für Bundesbeiträge an eine nationale Organisation beantragte. In dieser Organisation schlossen sich 1961 alle am



Dr. Sontheim erklärt dem Delegierten für Atomfragen, Dr. Burckhardt (rechts), das Laden des DIORIT. Die Aufgabe Jakob Burckhardts und seines sechsköpfigen Mitarbeiterstabes besteht darin, den Bundesrat in der Atompolitik zu beraten und eine Koordinationsstelle zu sein: zur Atomkommission des Nationalfonds für Forschung, zu den Planern von Atomkraftwerken und zu den beiden nun verbundenen Forschungsstätten, ETH und Würenlingen.

Reaktorbau und -betrieb interessierten Unternehmen der schweizerischen Industrie und der Elektrizitätswirtschaft unter dem Namen «Nationale Gesellschaft zur Förderung der industriellen Atomtechnik» (NGA) zusammen. In der Botschaft wurden die Gesamtkosten des – aus den drei ausgewählten – Projekts bis zum Abschluß der industriellen Versuchsperiode auf 110 Millionen Franken geschätzt.

Wirtschaft gründet NGA

Die Bundesleistungen an die nationale Organisation sollten gemäß der geltenden privatwirtschaftlichen Ordnung minderheitlich bleiben und zur Hälfte als bedingt rückzahlbares Darlehen gewährt werden. Von Anfang an wurde diese politische Auflage so interpretiert, daß der Bund die Hälfte der auflaufenden Kosten finanzieren würde, während für den Rest vor allem die private Wirtschaft, aber auch staatliche Unternehmungen wie die Schweizerische Bundesbahn und Kantone aufzukommen hätten.

Kostenteilung 50:50

In der Folge hatte die NGA chronische Schwierigkeiten, die benötigten privaten Gelder zu mobilisieren (nur die westschweizerischen Kantone, die sich schon an der Gründung der ENUSA beteiligt hatten, leisteten an die NGA namhafte Beiträge). Daher tauchte immer wieder die Idee auf, die Tätigkeiten der NGA weitgehend auf Bau und Betrieb des Versuchsatomkraftwerks Lucens zu beschränken und die für Entwicklungsstudien – vor allem in Hinblick auf den nächsten Schritt, ein Prototyp-Kraftwerk normaler Größe – vorgesehenen Mittel diesem Vorhaben zuzuführen. Es waren vor allem die Vertreter des Bundes, die darauf bestanden, parallel zu den Bauarbeiten in Lucens Entwicklungsstudien in größerem Umfang in der Industrie und im EIR zu unternehmen. Der

Beschränkung auf Lucens ?

NGA-Verwaltungsrat bewilligte dafür im Herbst 1963 zwar 24 Millionen Franken, doch kam auf Drängen der Industrie schlußendlich nur etwa die Hälfte dieses Betrages zum Einsatz.

Verständnis für Probleme der NGA

Die immer wieder aus den verschiedensten Gründen, u.a. Verzögerungen wegen des Mangels an qualifizierten Arbeitskräften, auftretenden Kostenüberschreitungen in Lucens erforderten eine entsprechende Anpassung des Voranschlages und damit auch der Bundeshilfe, um den Schlüssel der hälftigen Bundesbeteiligung einzuhalten. Die Eidg. Räte zeigten großes Verständnis für diese Finanzierungsprobleme der NGA und bewilligten 1965 zwölf und 1966 gar 23 Millionen Franken (davon acht für die Finanzierung von Entwicklungsstudien) an Zusatzkrediten.

Neue Perspektiven

Hilfe nur für ein einziges Projekt

In der Botschaft zum letzteren Kredit hatte der Bundesrat darauf hingewiesen, daß einerseits die am Bau des Versuchsatomkraftwerkes Lucens beteiligten Unternehmen, andererseits die Firma BBC als nächsten Schritt in ihren Bemühungen, im Kernreaktorbau selbständig aufzutreten, ein Prototyp-Kernkraftwerk mit einem Schwerwasser-Reaktor bzw. mit einem gasgekühlten Hochtemperaturreaktor planten. Da für beide Vorhaben wesentliche Beiträge des Bundes erwartet wurden, benutzte der Bundesrat die Botschaft, um vorbeugend schon vor dem Eintreffen entsprechender formeller Gesuche zu erklären, daß der Bund nur für einen einzigen Prototyp Hilfe zu gewähren vermöge. Deshalb, und auch aus wirtschaftspolitischen Gründen, erachte er es als notwendig, *«daß sich die am Reaktorbau interessierten Unternehmungen zusammenschließen und gemeinsam ein Projekt für ein Prototypkernkraftwerk vorlegen»*. Gemäß der schweizerischen Wirtschaftsordnung sei es Sache der Privatwirtschaft, die Wahl des Reaktortyps zu treffen. Die beteiligten Firmen konnten sich jedoch nicht einigen. Daher verlangten die Eidg. Räte mit einer Motion vom 16. März 1966 auf spätestens Jahresende ein detailliertes Programm für die Fortführung und Beendigung der Entwicklungsstudien, ferner die Darlegung der zukünftigen Konzeption des Bundesrates für die Fortführung der schweizerischen Reaktortechnik.

Detailprogramm gefordert

Der entsprechende Bericht des Bundesrates vom 27. Dezember 1966 wies auf den überraschenden Durchbruch der Kerntechnik zum kommerziellen Reaktorbau hin: In den USA waren allein 1966 an die 20 Kernkraftwerke bestellt worden, das erste Kernkraftwerk in der Schweiz, Beznau I, stand im

Bau, und für das zweite, Mühleberg, waren die Aufträge bereits vergeben. Damit öffneten sich sowohl der Elektrizitätswirtschaft wie der Industrie neue Perspektiven. Die Möglichkeiten für die Beteiligung der schweizerischen Industrie am Reaktorbau reichten vom Komponentenbau bis zur Lieferung kompletter Kraftwerke mit einem Reaktor eigener Entwicklung – allerdings wies der Bericht realistischerweise darauf hin, *«daß eine vollkommen eigenständige Reaktorentwicklung die Kräfte der schweizerischen Industrie, besonders wenn sie mehr als nur einen Reaktortyp verfolgt, übersteigt»*. Er hielt auch mit Bedauern fest, daß der vom Bundesrat in dieser Angelegenheit konsultierte Vorort des Schweizerischen Handels- und Industrievereins innerhalb der vom Parlament gesetzten Frist keine abgestimmte Stellungnahme vorzulegen vermochte. So konnte der Bundesrat, obschon er die Notwendigkeit sah, die schweizerische Reaktorentwicklung in einem längerfristigen Programm zu fördern, dem Parlament nur Übergangsmaßnahmen vorschlagen.

Industrie überfordert ?

Industrie geht neue Wege

Die Nationalrätliche Kommission zur Vorberatung des bundesrätlichen Berichtes beschoß deshalb, Hearings mit einigen kompetenten Exponenten der schweizerischen Kernreaktor-Entwicklung durchzuführen. Das zwang die Beteiligten zur raschen Klärung und Festlegung ihrer Positionen. Daraufhin entschied im Mai 1967 die bisher führende Promotorin einer eigenständigen schweizerischen Schwerwasser-Reaktorlinie, die Gebrüder Sulzer AG in Winterthur, dieses Konzept aufzugeben und sich in Zukunft auf den Komponentenbau für Kernkraftwerke zu konzentrieren. Ihr Konkurrent BBC hingegen hielt an seiner Ende 1965 verkündeten Absicht fest, im BBC-Konzern ein Prototyp-Kernkraftwerk mit gasgekühltem Hochtemperaturreaktor zu planen. Die schweizerische Elektrizitätswirtschaft ihrerseits hatte mit den Aufträgen für die Kernkraftwerke Beznau und Mühleberg gezeigt, daß sie wohl zu dem vom Bundesrat – u.a. 1964 in einer Rede von Bundesrat Willy Spühler vor dem Schweizerischen Elektrotechnischen Verein in Sitten – empfohlenen Bau von Kernkraftwerken bereit war, jedoch keine Verpflichtung zur Berücksichtigung einer einheimischen Reaktorentwicklung eingehen wollte. Dementsprechend fehlte auch die Basis für einen längeren Betrieb des Versuchsatomkraftwerks Lucens, so daß die Finanzierung einer zweijährigen Versuchsperiode nur mit viel Mühe gesichert werden konnte.

Hearings erzwingen Entscheidung

Keine Hilfe für Eigenentwicklung

Folge: Neuausrichtung des EIR

Somit ergab sich für den Bund eine völlig neue Situation: Das von der Industrie übernommene Kerntechnik-Forschungszentrum, das EIR in Würenlingen, mußte von einer weitgehenden Ausrichtung auf die Unterstützung einer schweizerischen Schwerwasser-Reaktorlinie umgestellt werden auf längerfristige Ziele in der Reaktortechnik und auf Dienstleistungen für jene Elektrizitätswerke, die Kernkraftwerke betrieben. Die bisherige Bundespolitik, wo immer möglich eine internationale Zusammenarbeit in der Reaktortechnik anzustreben, erhielt damit noch größere Bedeutung, weil das im internationalen Vergleich kleine EIR manche seiner Projekte nur eingebettet in eine größere Kooperation mit leistungsfähigen ausländischen Partnern zu realisieren vermochte (s. 6. Kapitel).

Lucens-Havarie beendet Diskussion

Die Auseinandersetzung über die Zukunft des Versuchsatomkraftwerks Lucens, das einige Exponenten der Romandie zu einem welschen «EIR» hatten ausbauen wollen, fand nach der Havarie in Lucens im Januar 1969 ein unerwartetes Ende (s. 8. Kapitel). Den Bundesbehörden blieb nur noch die Aufgabe, bei Sicherstellung und Stillegung dieser Anlage behilflich zu sein.

Aufbau der internationalen Zusammenarbeit

1956: Abkommen mit USA

Mit Präsident Eisenhowers Deklaration des Konzepts «Atome für den Frieden» im Dezember 1953 eröffneten die USA als damals führende Atomenergiemacht erstmals die Möglichkeit, eine internationale Zusammenarbeit mit dem Ziel der friedlichen Nutzung der Atomenergie zu begründen. Die Schweiz gehörte zu den ersten Staaten, die von dem amerikanischen Angebot Gebrauch machten. So konnte ihr Gesandter in Washington schon am 21. Juni 1956 ein «Abkommen über die Zusammenarbeit zwischen der Schweizerischen Regierung und der Regierung der Vereinigten Staaten von Amerika auf dem Gebiet der friedlichen Verwendung von Atomenergie» unterzeichnen.

Bundesrat: Alleingang nicht sinnvoll

In der entsprechenden Botschaft zum Antrag des Bundesrates auf Genehmigung dieses Vertrages vom 31. Juli 1956 stellte die oberste Landesbehörde schon fest: *«Es würde ziemlich aussichtslos anmuten, wenn die Schweiz auf dem Gebiet der friedlichen Verwendung der Atomenergie vollkommen eigene Wege gehen wollte».* Demgemäß bemühten sich die Bundesbehörden fortan, zwischenstaatliche Vereinbarungen abzuschließen, um Zugang zu den für die Entwicklung der Atomenergietechnik nötigen Kenntnissen, Geräten und Materialien zu sichern

sowie die Voraussetzungen für eine engere Zusammenarbeit in der Forschung über die Grenzen hinweg zu schaffen.

Abkommen mit Frankreich, Kanada, Großbritannien und Schweden

Am 19. Juli 1957 wurden mit Frankreich, am 6. März 1958 mit Kanada, am 11. August 1964 mit Großbritannien und am 14. Februar 1968 mit Schweden einander ähnliche, aber unterschiedlich konkrete Abkommen mit dem üblichen Ratifikationsvorbehalt unterzeichnet. In diesen Vereinbarungen erklärten die Vertragspartner ihre grundsätzliche Bereitschaft zur Zusammenarbeit und umschrieben die Gebiete, auf die sie sich erstrecken sollte: Austausch von Informationen; Lieferung von Kernbrennstoffen, Materialien und Ausrüstungen; Übertragung von Patentrechten; Zugang und Benützung von Forschungs-Einrichtungen und Ausrüstungen; Austausch von Studenten, Professoren und anderen Spezialisten. Sie verpflichteten sich zur Zusammenarbeit für ausschließlich friedliche Zwecke und gestanden einander entsprechende Kontrollrechte zu, die von der Internationalen Atomenergie-Organisation ausgeübt werden sollten.

US-Informationsangebot nicht nutzbar

Im amerikanischen Abkommen wurde auch der Austausch von beschränkt zugänglichen – sog. klassifizierten – Informationen vorgesehen, soweit sie nach Meinung der USA-Regierung nicht vorwiegend militärische Bedeutung besaßen. Im Hinblick auf die frühere strikte Geheimhaltungspolitik der amerikanischen Behörden schien eine solche Bestimmung wichtig zu sein, um raschen und umfassenden Zugang zu den in den USA vorhandenen Kenntnissen zu erhalten. Praktisch konnte dieses Angebot aber kaum genutzt werden, weil die schweizerischen Interessenten ja nicht wissen konnten, welche für sie nützlichen Informationen vorhanden wären.

1965: USA setzen Urangrenze herauf

Die Vereinbarung mit den USA wies auch die Besonderheit auf, daß nur der Bund amerikanisches angereichertes Uran erwerben durfte. Es begrenzte auch die Menge an spaltbarem Uran-235 auf 500 kg. Diese genügte jedoch nicht, um die Versorgung der geplanten Schweizer Kernkraftwerke sicherzustellen, so daß Ende 1965 ein neues Abkommen ausgehandelt werden mußte. Inhaltlich deckte es sich weitgehend mit dem ersten, erwähnte aber den Austausch klassifizierter Informationen nicht mehr, weil er inzwischen gegenstandlos geworden war. Die Grenze für Uran-235 wurde auf 30.000 kg heraufgesetzt. Die amerikanische Regierung verpflichtete sich, alles angereicherte Uran für ein in einem Anhang beschriebenes Bauprogramm von Leistungsreaktoren zu liefern. Dieses Programm sah bis Ende 1970 den Baubeginn von fünf Atomkraftwerken mit insgesamt 1650 Megawatt elektrischer Leistung vor (tatsächlich wurden bis dahin nur drei in Angriff genommen).

Sonderfall Brasilien

Ein Sonderfall war das Abkommen zwischen der Schweiz und den Vereinigten Staaten von Brasilien, das am 26. Mai 1965 unterzeichnet wurde. In diesem Fall besaß der Vertragspartner der Schweiz keinen Vorsprung, sondern hoffte eher auf eine gewisse Entwicklungshilfe in der Atomtechnik. Im Gegensatz zu den anderen oben genannten Vereinbarungen wurde es in der Praxis wenig benutzt.

Auf der Basis all dieser Rahmenabkommen leistete der Bund sowohl der schweizerischen Industrie wie den Elektrizitätswerken Hilfestellung beim Abschluß von Vereinbarungen über konkrete Dienstleistungen und Lieferungen mit Institutionen, welche den Vertragspartnern unterstellt waren.

Internationale Gemeinschaftsprogramme

Schweiz aktiv bei der IAEO

Neben dem Ausbau der bilateralen Zusammenarbeit verfolgten die Bundesbehörden auch das Ziel, die Schweiz an den multilateralen Initiativen auf dem Gebiet der Atomenergie möglichst aktiv zu beteiligen. So wirkten sie 1956/57 an der Gründung der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) mit, die das Statut einer Spezialorganisation der Vereinten Nationen mit Sitz in Wien erhielt. In dieser Institution war in den ersten Jahren der Schweizer Dr. Paul Jolles, nachmaliger Staatssekretär, als stellvertretender Generaldirektor tätig.

IAEO-Kontrolle unterstützt

Insbesondere am Anfang standen der Informationsaustausch unter den atomtechnisch fortgeschrittenen Staaten und die Hilfe an Entwicklungsländer zur Ausbildung und zur Anwendung von Radioisotopen im Vordergrund der IAEO-Tätigkeit. Die ursprünglich vorgesehene Vermittlung von Kernbrennstoffen erreichte nie größere Bedeutung, weil ihre Beschaffung direkt zwischen Produzenten und Verbrauchern aufgrund bilateraler Abmachungen abgewickelt wurde. Hingegen übernahm die IAEO mit dem Beginn des Baus kommerzieller Atomkraftwerke Mitte der 60er-Jahre die Kontrolle über deren friedliche Verwendung vor allem in den Nicht-Kernwaffenstaaten. Aus neutralitätspolitischen Gründen zogen die Schweizer Bundesbehörden diese Aufsicht bilateralen Kontrollen vor und unterstützten deswegen die Entwicklung des entsprechenden Apparates bei der IAEO. Die Stelle des ersten Generalinspektors, der diesen Dienst nach Verwirklichung des Vertrags über die Nicht-Weiterverbreitung von Kernwaffen leitete, wurde mit dem Schweizer Fachmann Dr. Rudolf Rometsch besetzt, und auch unter seinen Nachfolgern befand sich ein Schweizer, Dr. Peter Tempus.

Von einiger Bedeutung für die schweizerische Kerntechnik erwiesen sich auch die Initiativen im Schoße der Organisation für Europäische Wirtschaftliche Zusammenarbeit (OECE), die als Zusammenschluß europäischer Industriestaaten einen geeigneten Rahmen für gemeinsame Unternehmen auf dem Gebiet der Kernenergie bot. Beispielsweise trat die Schweiz der am 1. Februar 1958 im Rahmen der OECE geschaffenen Europäischen Kernenergie-Agentur (ENEA) bei. Gleichzeitig unterschrieb sie ein Übereinkommen über die Gründung der Europäischen Gesellschaft für die Aufarbeitung bestrahlter Kernbrennstoffe EUROCHEMIC, die im belgischen Mol ihren Sitz erhielt und dessen erster wissenschaftlicher Direktor und nachmaliger Generaldirektor Dr. Rudolf Rometsch wurde.

Europäische Zusammenarbeit

EUROCHEMIC

Die Schweiz beteiligte sich praktisch an allen von der ENEA entwickelten Programmen, Gemeinschaftsunternehmen und anderen Tätigkeiten. Diese reichten von Bestrebungen zur Harmonisierung der nationalen Förderungsprogramme, Gesetzgebung und Haftpflichtregelungen über die Organisation von Fachausschüssen und Fachtagungen, kooperative Programme auf dem Gebiet der Lebensmittelbestrahlung und der Isotopenbatterien bis zum Betrieb eines kleinen schwerwassermoderierten Siedewasserreaktors in Halden, Norwegen, wo eine ganze Anzahl schweizerischer Spezialisten ihre Ausbildung vervollständigte.

ENEA

Auch am Experiment des gasgekühlten Hochtemperatur-Reaktors DRAGON im britischen Forschungszentrum Winfrith beteiligte sich die Schweiz im Rahmen des OECE-Programmes. Dieses Vorhaben, bei dem erstmals sogar die Pläne in internationaler Zusammenarbeit erstellt wurden, beruhte auf einer engen Partnerschaft zwischen der britischen Atomenergie-Behörde und der europäischen Atomgemeinschaft EURATOM, die zusammen 87 Prozent der Kosten übernahmen. Obschon der Schweizer Beitrag nur bescheidene 3,3 Prozent ausmachte, erhielt die schweizerische Industrie einige sehr interessante Aufträge zur Lieferung von Schlüsselkomponenten – z.B. für die Brennelement-Wechselmaschine, für die Hauptgebläse des Kühlkreislaufs und für die Instrumentierung der Strahlenüberwachung. Zudem übernahm eine Reihe von schweizerischen Fachleuten während einiger Jahre attraktive Aufgaben in Winfrith. Obschon der Reaktor die in ihn gesetzten Erwartungen weitgehend erfüllte, konnten die gewonnenen Erkenntnisse nicht industriell ausgewertet werden, weil es nicht gelang, die beteiligten Unternehmen zu einem arbeitsfähigen Konsortium zu vereinigen.

EURATOM

Lieferungen für DRAGON

In der Schweiz verfolgten BBC und das EIR in Zusammenarbeit mit der Bundesrepublik Deutschland und den USA diese

Reaktorlinie auch nach der Liquidierung des Gemeinschaftsunternehmens im März 1976 weiter.

Förderung der Ausbildung

Ausbildungsmöglichkeiten im Inland nötig

Die Pioniere der schweizerischen Kerntechnik konnten sich nicht während ihres Studiums in dieser Richtung spezialisieren, sondern mußten sich das erforderliche Wissen nachträglich aneignen, sei es in Kursen für Reaktorfachleute in den USA, sei es im Rahmen europäischer Projekte für die Entwicklung der Kernenergie, z.B. am norwegischen Halden-Reaktor oder durch Arbeit in Schweden. Wenn die Schweiz aber ernsthaft in die praktische Nutzung der Kernenergie einsteigen wollte, mußten ausreichende Ausbildungsmöglichkeiten für Spezialisten im eigenen Land geschaffen werden. Vor allem wurden Ingenieure mit Kenntnissen der Reaktortechnik benötigt. Selbstverständlich gehörte eine solche Ausbildung in erster Linie in den Aufgabenbereich der technischen Hochschulen und der Höheren Technischen Lehranstalten, aber auch die Universität Bern engagierte sich.

ETH, HTL und Uni Bern

Wie in der Forschung wirkte auch in der Ausbildung Prof. Paul Scherrer als Pionier. Schon 1947 dozierte er im Rahmen einer Spezialvorlesung der Eidg. Technischen Hochschule Zürich (ETHZ) über Atomenergie. Im Wintersemester 1955/56 wurden an der ETHZ – als empfohlene Veranstaltungen im Spezialstudium der Abteilung für Maschineningenieurwesen – eine «Elementare Theorie des Atomreaktors» von Prof. Walter Hälg und ein Seminar über Reaktortechnik von Prof. Walter Traupel und Dr. Pierre de Haller angeboten. Ab dem Wintersemester 1956/57 erhielt die Reaktortechnik den Status eines Spezialstudiums an der Abteilung Maschineningenieurwesen. Anfangs besuchten vor allem ehemalige Absolventen der ETHZ aus der Industrie diese Veranstaltungen.

ETHZ bietet Reaktortechnik ab 1955/56 an, ...

In den 60er-Jahren wählte eine größere Zahl von Studenten die Reaktortechnik als Vertiefungsfach für das Diplom, darunter der spätere Bundesrat Kaspar Villiger. Neun Maschineningenieure und vier Physiker promovierten in jenem Zeitraum auf diesem Gebiet.

... Zuspruch in den 60er-Jahren

An der Ecole Polytechnique de l'Université de Lausanne (EPUL) wurde parallel zur ETHZ eine entsprechende Ausbildung im französischen Sprachraum der Schweiz eingerichtet. Vor allem Dr. Bernard Vittoz, 1958 zum Professor für allgemeine Mechanik, Festkörperphysik und Reaktortechnik (génie atomique) ernannt, setzte sich dafür ein. Erstmals 1958 wurde ein halbjähriger Ausbildungskurs in Reaktortechnik



1960: Bundesrat Petitpierre versucht sich am Steuerpult des Reaktors SAPHIR im EIR, der zur Herstellung von Isotopen für die Medizin und zur Ausbildung dient. Von links: ein Reaktoroperateur, Dr. Andreas F. Fritzsche (späterer Direktor des EIR), Dr. Rudolf Sontheim (erster Direktor der Reaktor AG), Dr. Max Petitpierre, ein Radioreporter, Prof. Paul Scherrer und ein weiterer Radioreporter.

angeboten und von ungefähr 60 Studenten besucht. Während die ETHZ für ihre Ausbildung auf diesem Gebiet von Anfang an die Anlagen der Reaktor AG bzw. des EIR in Würenlingen benutzte, baute die EPUL eine eigene Lehr- und Forschungsinfrastruktur auf. 1960 nahm sie das «Laboratoire de Génie Atomique de l'EPUL» in Betrieb. Ab 1962 wurde der zweite Nachdiplomkurs für Reaktortechnik alle zwei Jahre angeboten, den im Durchschnitt ungefähr 20 Studenten besuchten. Ab diesem Zeitpunkt gab es auch – im Rahmen des Aufbaustudiums – in den Abteilungen für Maschineningenieure, Elektroingenieure und Physiker einen Einführungskurs in die Reaktortechnik. Von 1964 bis 1968 entwickelte das Laboratoire unter Prof. Vittoz den Leichtwasserreaktor CROCUS, der 1970 Kritikalität erreichte. Auf den 1. Januar 1969 wurde ein Reaktorspezialist der Firma Sulzer, J. P. Schneeberger, zum Professor für allgemeine Physik und Reaktortechnik ernannt.

EPUL ab 1958

Reaktor CROCUS

Die Universität Bern führte 1958 das Fach Reaktorphysik ein, dessen Initiator und Betreuer Prof. Walter Winkler war. Die naturwissenschaftliche Fakultät bot damals den Berner Studenten auch andere Lehrveranstaltungen an. Unter Winklers Leitung wurden drei Doktor- und mehrere Lizenziatsarbeiten in Reaktorphysik verfaßt.

Uni Bern ab 1958

Einige Höhere Technischen Lehranstalten beteiligten sich ebenfalls an der Ausbildung auf dem Gebiete der Kerntechnik. So wird seit 1965 das Fach Kerntechnik an der Abteilung Maschinenbau der HTL Brugg-Windisch unterrichtet und durch ein Reaktorpraktikum am EIR ergänzt. Die HTL Winterthur führte einen fakultativen Kurs in Reaktortechnik ein und offerierte vereinzelt auch Reaktorpraktika in Würenlingen.

HTL aktiv

Und die HTL Genf bietet die Ausbildungsrichtung «génie nucléaire» einschließlich Diplomarbeit an.

Bilanz der Bundesleistungen

Drei Ziele

Mit seiner Förderung der Kerntechnik vom Ende des 2. Weltkriegs bis zur Inbetriebnahme des ersten Kernkraftwerks der Schweiz im Jahre 1969, also in dem in diesem Buch behandelten Zeitraum, verfolgte der Bund drei Ziele (wenn man von der kurzen ersten Zeit absieht, die stark von militärischen Interessen dominiert war). Erstens, Industrie und Dienstleistungssektor, z.B. Beratungsfirmen und Versicherungen, zu helfen, den Zugang zu dieser schwierigen und anspruchsvollen Technik zu finden. Zweitens, der Elektrizitätswirtschaft eine brauchbare Alternative zur bereits weitgehend genutzten Wasserkraft für die Deckung des stets ansteigenden Strombedarfs zu bieten. Drittens, die zum Schutz der Interessen der Allgemeinheit erforderlichen gesetzlichen Regelungen und staatlichen Organe zu schaffen, insbesondere eine unabhängige, Gewähr für den sicheren Einsatz der Kernenergie bietende Aufsicht und Kontrolle.

Erstens: Schweizer Reaktor …

Was hat nun der Bund mit seiner Förderung erreicht? Zu den ersten beiden Anliegen gehörte in den Vorstellungen der 50er- und beginnenden 60er-Jahre die Entwicklung eines eigenen schweizerischen Reaktortyps. Dieses Ziel erwies sich aufgrund gewisser Eigenheiten der Kernreaktoren, die ursprünglich mangels Erfahrungen kaum erkannt wurden, eindeutig als unerreichbar. Dafür gibt es eine Reihe von Gründen.

… zu ambitiös

Die hohen Kosten für Sicherheitseinrichtungen der Kernkraftwerke fielen im Vergleich zu den gesamten Erstellungskosten mit wachsender Leistungsgröße weniger ins Gewicht als bei kleinen Werken. Dementsprechend lagen die Stromgestehungskosten bei großen Kernkraftwerken deutlich tiefer, weshalb sie eher die wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit mit Kohle- und Ölkraftwerken erreichten. Dies wiederum hatte zur Folge, daß die Leistungsgröße der Kernkraftwerke innert weniger Jahre auf 1000 und mehr Megawatt kletterte. Zudem zogen es die Besteller mangels ausreichender eigener Fachkompetenz und Erfahrungen anfänglich vor, Kernkraftwerke schlüsselfertig mit umfassenden Garantien zu bestellen. Solche Aufträge beliefen sich auf mehrere Milliarden Franken, hatten also die selbe Größenordnung wie der damalige Jahresumsatz der Schweizer Firmen, die für solche Geschäfte in Frage kamen. Eine derartige Ballung von Verpflichtungen und –

wegen der fehlenden Erfahrung – schlecht einschätzbaren Risiken wollten diese Unternehmen nicht übernehmen. Es hätte aber der in der Schweiz geltenden marktwirtschaftlichen Doktrin widersprochen, wenn der Bund eingesprungen wäre und entsprechende Garantien geleistet hätte. Darum vermochte der Bund den 1967 deklarierten Ausstieg aus der eigenen Reaktorentwicklung und die Beschränkung auf den Komponentenbau nicht zu verhindern.

Zweitens: Kernenergie als Wasserkraft-Alternative

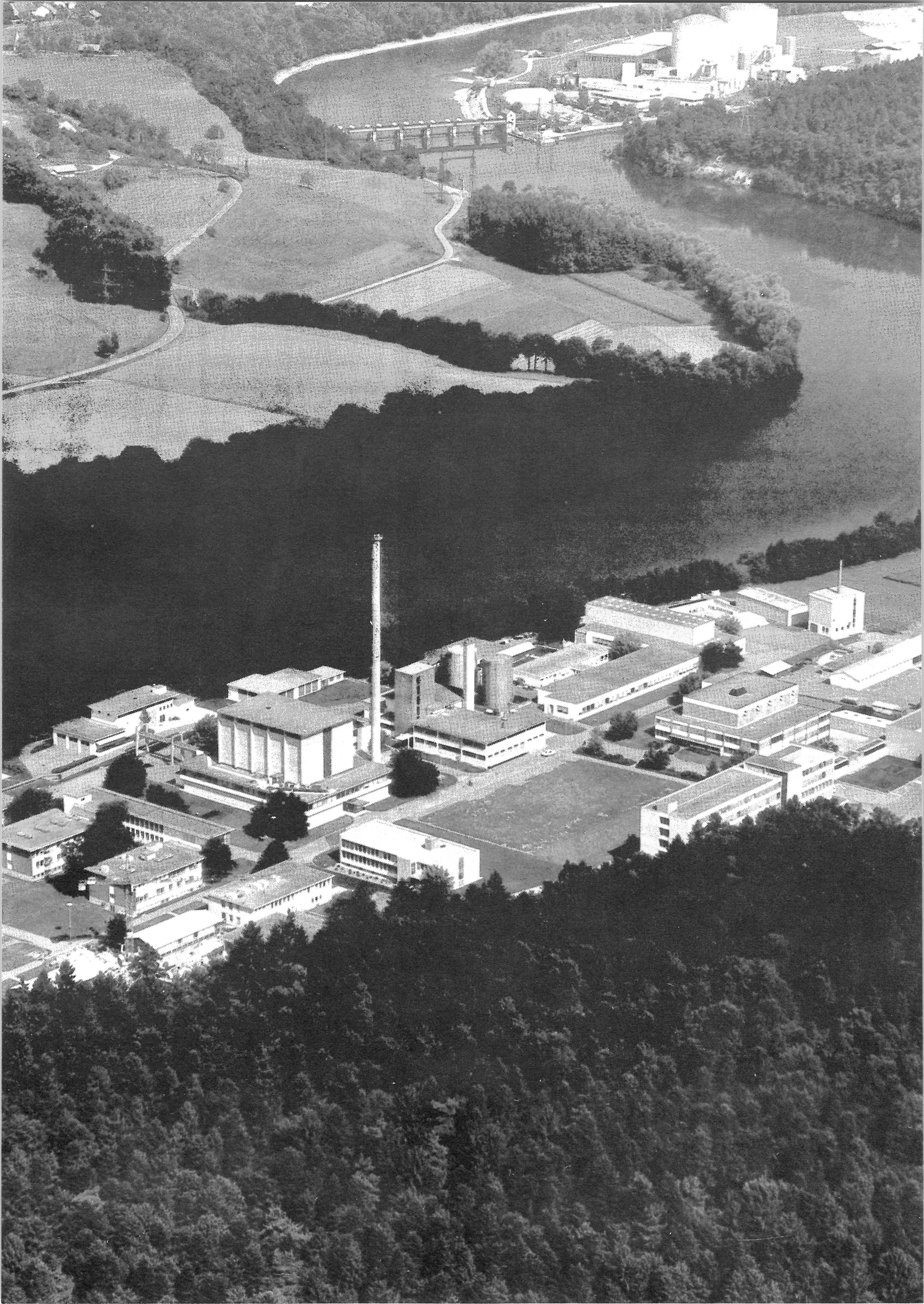
Die beträchtlichen Investitionen des Bundes in die Kerntechnik wurden dadurch aber nicht sinnlos. Die personellen Kapazitäten und Einrichtungen, die am EIR, in der Industrie und in einigen Ingenieurbüros im Zusammenhang mit der schweizerischen Reaktor-Entwicklung und der Beteiligung an den OECE-Gemeinschaftsunternehmen geschaffen wurden, konnten auch unter den neuen Gegebenheiten weitgehend genutzt werden. Insbesondere leisteten sie einen wichtigen Beitrag bei der Umstellung der schweizerischen Elektrizitätswirtschaft auf die Nutzung der Kernenergie.

Drittens: strenge, aber rasche Bewilligung

Den raschen Übergang zum kommerziellen Einsatz der Kernenergie für die Stromproduktion, wie er mit den Kernkraftwerken Beznau und in Mühleberg vollzogen wurde, kann man als weiteres Positivum in der Bilanz aufführen. In anderen Ländern verursachte die schleppende Durchführung der Bewilligungsverfahren in verschiedenen Fällen jahrelange Verzögerungen, während in der Schweiz trotz gewissenhafter Prüfung der Vorhaben die ersten Kernkraftwerke nicht mit wesentlichen derartigen Schwierigkeiten zu kämpfen hatten, die oft Kostenüberschreitungen im Umfang von vielen Zehn-, wenn nicht Hundertmillionen von Franken zeitigten.

Vielseitiger Nutzen

Der bedeutende finanzielle Aufwand des Bundes für die Kerntechnik kam also nicht bloß der Industrie und den Ingenieurbüros zugute, die interessante Mandate bei der Projektierung und Realisierung ausländischer Kernkraftwerke erhielten, sondern auch der einheimischen Elektrizitätswirtschaft und ganz allgemein der gesamten Öffentlichkeit, da er wesentlich den sicheren und rationellen Einsatz der Kernenergie für die schweizerische Energieversorgung ermöglichte.



6. Kapitel

Das Eidgenössische Institut für Reaktorforschung

Die 1955 von Wirtschaftskreisen gegründete Reaktor AG erstellte in Würenlingen Forschungsanlagen, darunter 1956/57 den Schwimmbadreaktor SAPHIR. Aufgrund der Konzentration der Mittel auf ein Demonstrationskraftwerk war man auf steigende Subventionen durch den Bund angewiesen. Schließlich übernahm der Bund 1960 die Anlagen als «Eidg. Institut für Reaktorforschung» bzw. EIR. Die Inbetriebnahme des Testreaktors DIORIT im selben Jahr eröffnete der Forschung neue Dimensionen. Der spätere Rückzug der Industrie erzwang zur Auslastung EIR-eigene, vielfach international ausgerichtete Programme sowie den Ausbau der Dienstleistungen. Ab etwa 1975 erfuhr der Tätigkeitsbereich mit der Ausrichtung auf Umweltaspekte und später auf allgemeine Energietechnik eine bedeutende Erweiterung.

Wirtschaft als Motor der Atomenergie

In fast allen Ländern übernahm bei Aufbau und Entwicklung der Atomenergietechnik der Staat die führende Rolle. Im Gegensatz dazu wirkte in der Schweiz die Privatwirtschaft als Schrittmacher, während der Staat vorerst nur unterstützend in Erscheinung trat. Treibende Kraft war dabei Dr. Walter Boveri, Präsident des Verwaltungsrats der Firma BBC Brown Boveri & Cie., mit Prof. Paul Scherrer als wissenschaftlichem Berater im Hintergrund. Nachdem seit Ende der 40er-Jahre verschiedene Firmen lose Gruppierungen gebildet hatten (s. 2. und 7. Kapitel), überraschte Boveri im Sommer 1953 die Generalversammlung der BBC mit einem fertigen Projekt zur Gründung einer Reaktorgesellschaft. Er war es auch, der zunächst 125 und später 171 Aktionäre zusammenbrachte – und vorsorglich 60.000 m^2 Land auf der Beznau-Wiese an der Aare bei Würenlingen durch BBC erwerben ließ.

Die Reaktor AG

Gründung der RAG 1955

Die Gründung der Reaktor AG, mit Sitz in Würenlingen, fand dann am 1. März 1955 in Baden statt. Das Präsidium des Verwaltungsrats übernahm Walter Boveri, zum Direktor wurde Dr. Rudolf Sontheim berufen. Ihm stellte man nicht weniger als elf beratende Kommissionen zur Seite.

Statuten

Gemäß ihren Statuten bezweckte «*die Gesellschaft, welcher der Charakter einer Studiengesellschaft zukommt:*

a) Bau und Betrieb eines Versuchsreaktors zur Schaffung wissenschaftlicher und technischer Grundlagen für die Konstruktion und den Betrieb industriell verwendbarer Reaktoren, die der Gewinnung von Energie dienen, sowie Studien zur Entwicklung der hierfür notwendigen Maschinen und Apparate.

b) Ermittlung von Vorkehrungen zum Schutz vor radioaktiven Strahlungen.

c) Herstellung radioaktiver Substanzen und deren Abgabe an Verbraucher für Zwecke der Medizin, der Chemie, der Landwirtschaft sowie für weitere ähnliche Zwecke, und entsprechende ähnliche Arbeiten, die mit der Zielsetzung gemäß lit. a, b und c vereinbar sind.

Die Gesellschaft kann alle Geschäfte tätigen, die mit den in lit. a, b und c genannten Zwecken zusammenhängen.»

Aktionäre aus allen Zweigen

47 Prozent der Gründungsaktionäre waren Industrieunternehmen, 26 Prozent kamen aus der Elektrizitätswirtschaft und die übrigen aus dem Sektor Banken, Versicherungen und Finanzgesellschaften. Die chemische Industrie war nicht vertreten. Die Aktionäre brachten 14,607 Millionen Franken à



April 1955: Spatenstich für die Forschungsanlagen der Reaktor AG auf der Beznau-Wiese (in der Mitte Dr. Rudolf Sontheim, der erste Direktor).
Am 27. Januar hatte das «Badener Tagblatt» berichtet: *Seit einigen Wochen ist in dem gesegneten Weinlande im untern Aaretal «Atom» Trumpf und Gesprächsstoff: abends bei der «Rösti» am Familientisch, auf dem Ofenbänklein. Und an den Wirtstischen der währschaften Gasthöfe von Würenlingen verdichtete sich der Tabaksqualm über den Gläsern zu phantastischen «Atompilzen», und leicht erregbare Gemüter verwechselten in vorgerückten Stunden den heimeligen Duft eines «Kaffee Lutz» bereits mit radioaktiven Strahlungen.*

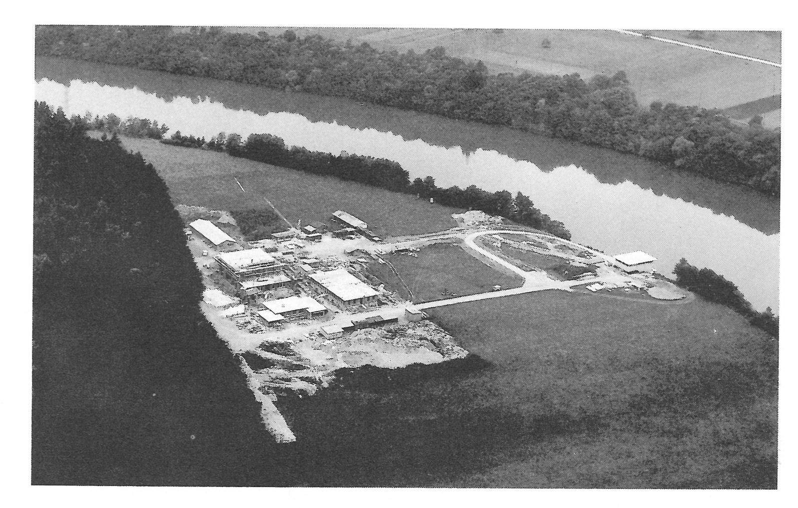
fonds perdu und 1,625 Millionen Franken als Aktienkapital ein.

Beiträge des Bundes

Mit der Eidgenossenschaft schloß die Reaktor AG schon Ende März 1955 zwei Verträge. Der eine betraf einen Bundesbeitrag von fünf Millionen Franken an den Bau eines Reaktors. Darin inbegriffen waren fünf Tonnen Uran in Form von gebrauchsfertigen Brennstäben, das der Reaktor AG aber nur leihweise überlassen werden sollte. Der Bund, der allein Uran erwerben konnte (s. 5. Kapitel), erhielt dafür ein Mitspracherecht bei der Gestaltung des Arbeitsprogramms sowie einen Sitz in Verwaltungsrat und Kommissionen. Im anderen Vertrag gewährte der Bund Betriebsbeiträge von 6,8 Millionen Franken. Noch im selben Jahr wurde in einem weiteren Vertrag mit dem Bund die Übernahme des Schwimmbad-Reaktors durch die Reaktor AG geregelt, den der Bund anläßlich der ersten Genfer Atomkonferenz von den USA erworben hatte (s. 3. Kapitel).

Personelle Abstützung auf AKR und IGRA

Personell stützte sich die Reaktor AG zunächst auf zwei bereits bestehende Firmengruppen ab. Bei der einen handelte es sich um die 1952 formierte Arbeitsgemeinschaft Kernreaktor (AKR), der BBC, Escher-Wyss und die Gebr. Sulzer AG angehörten. Sie wurde mit der Projektierung des zu bauenden Reaktors betraut. Die andere Gruppe war die Ingenieurgemeinschaft Reaktoranlagen (IGRA) der Firmen Elektrowatt AG und Motor Columbus AG. Erstere übernahm die Projektierung aller Anlagen auf der Beznau-Wiese, letztere deren



Schon bald nach dem Spatenstich der Reaktor AG im April 1955 schritten die Bauarbeiten auf der Beznau-Wiese zügig voran. Noch am 27. Januar hatte das «Badener Tagblatt» geschrieben: *Nicht immer war die Beznauwiese so einsam gewesen, wie sie es heute vorläufig noch ist. Hier standen in alten Zeiten zwei Bauernhöfe, die schon in Urkunden des 14. Jahrhunderts erwähnt werden. Die letzten Bewohner der Beznauhöfe wanderten vor 150 Jahren aus ...*

Bauleitung. Die AKR führte auch die nötigen experimentellen Arbeiten aus. Als sie im April 1956 aufgelöst wurde, stellten ihre Mitgliedsfirmen und viele weitere Unternehmen noch für lange Zeit Personal, Material und Einrichtungen für Planung und Bau zur Verfügung.

Büros zunächst in Zürich

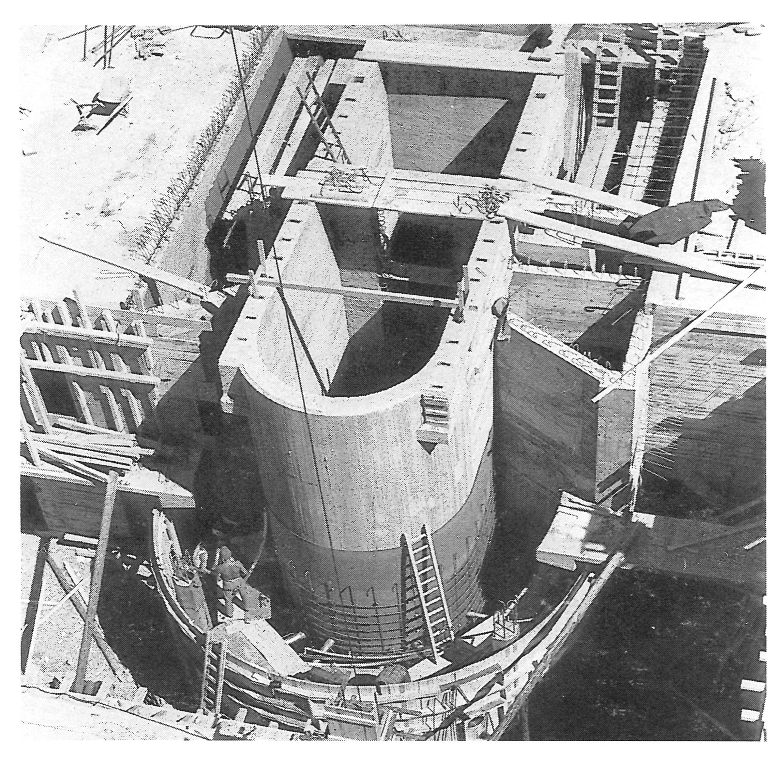
Ende 1955 waren 27 Personen für die Reaktor AG tätig, davon 17 Festangestellte und zehn von der Industrie kostenlos abgestellte Mitarbeiter. Neben dem Direktor amtierten als Chef-Physiker Dr. Werner Zünti, als Chef-Ingenieur und Leiter der Abteilung Ingenieurwesen Dr. Andreas F. Fritzsche und als Abteilungsleiter für den Schwimmbad-Reaktor Dr. Fritz Alder, für Reaktorphysik Dr. Walter Hälg und für Elektronik Dr. Fridolin Staub. Das technisch-wissenschaftliche Personal installierte sich in Zürich in einer Baracke auf dem Escher-Wyss-Areal, die Direktion und die Administration in Räumen der Privatbank und Verwaltungsgesellschaft AG in der Bärengasse, einer Nebenstraße der Bahnhofstraße.

Bau-Prioritäten

Vordringlichste Aufgaben in den ersten Jahren waren der Bau eines Gebäudes für den Schwimmbad-Reaktor, die Fortführung der Projektierung des Reaktors P3 bis zur Baubeschlußreife sowie die Rekrutierung und Ausbildung von Fachleuten. Somit konnten Forschung und Entwicklung vorerst nur streng anlagenbezogen durchgeführt werden.

Der Forschungsreaktor SAPHIR

Der Schwimmbad-Reaktor, der wegen seiner leuchtend blauen Strahlung den Namen SAPHIR erhielt, war nicht geplant gewesen: Die Eidgenossenschaft kaufte ihn mitsamt den Brennelementen spontan für rund 180.000 Dollar, damals



Innerhalb der Fundamente des SAPHIR-Gebäudes wird das «Schwimmbad» hochgezogen, die dickwandige, mit reinem Wasser zu füllende Betonhülle um den Reaktorkern.

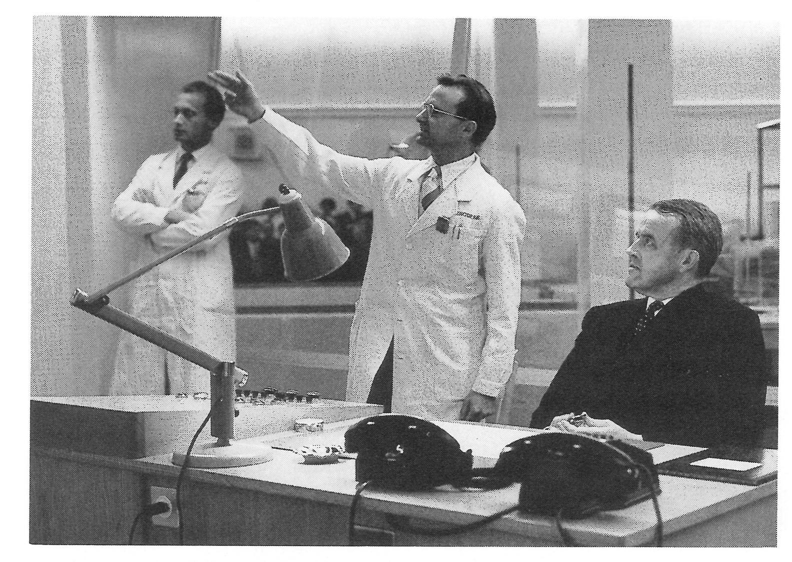
knapp 800.000 Franken, von den USA, die ihn an der Genfer Konferenz «Atome für den Frieden» im Sommer 1955 ausgestellt hatten (s. 3. Kapitel). Die ETH Zürich leistete aus ihrem Jubiläumsfonds einen Beitrag zum Kauf und sicherte sich damit Nutzungsrechte am Reaktor, die sie in den folgenden Jahren auch rege wahrnahm.

Leistungserhöhung

Der SAPHIR bedeutete für das kleine Team der Reaktor AG zusätzliche Arbeitslast, bot ihm aber auch außergewöhnliche Experimentiermöglichkeiten, und zwar schon drei Jahre vor der Inbetriebnahme des Eigenbaus P3. Mit diesem Schwimmbad-Reaktor verfügte die Schweiz nämlich über die Anlage mit dem größten Neutronenfluß außerhalb von Kernwaffenstaaten, nachdem die USA noch während der Genfer Konferenz einer Leistungserhöhung – von vorher maximal 100 Kilowatt – auf ein Megawatt Wärmeleistung zugestimmt hatten (Jahre später wurde die Wärmeleistung sogar auf fünf und in den 80er-Jahren auf zehn Megawatt angehoben).

Saphir-Gebäude vordringlich

Zunächst aber mußte für den SAPHIR ein Gebäude errichtet werden. Das Gesuch der Reaktor AG an die Gemeinde Würenlingen um Lieferung von Strom und Wasser hieß die Gemeindeversammlung im November 1955 fast einstimmig gut. Zuvor hatte Prof. Scherrer in einem – von Ohrenzeugen als «mitreißend» geschilderten – Vortrag in der vollbesetzten



Anläßlich der Einweihung des SAPHIR am 17. Mai 1957 führt dessen Leiter Dr. Fritz Alder Bundesrat Dr. Max Petitpierre – am Steuerpult – in die Funktionsweise des Reaktors ein. Im Hintergrund Alain Colomb.

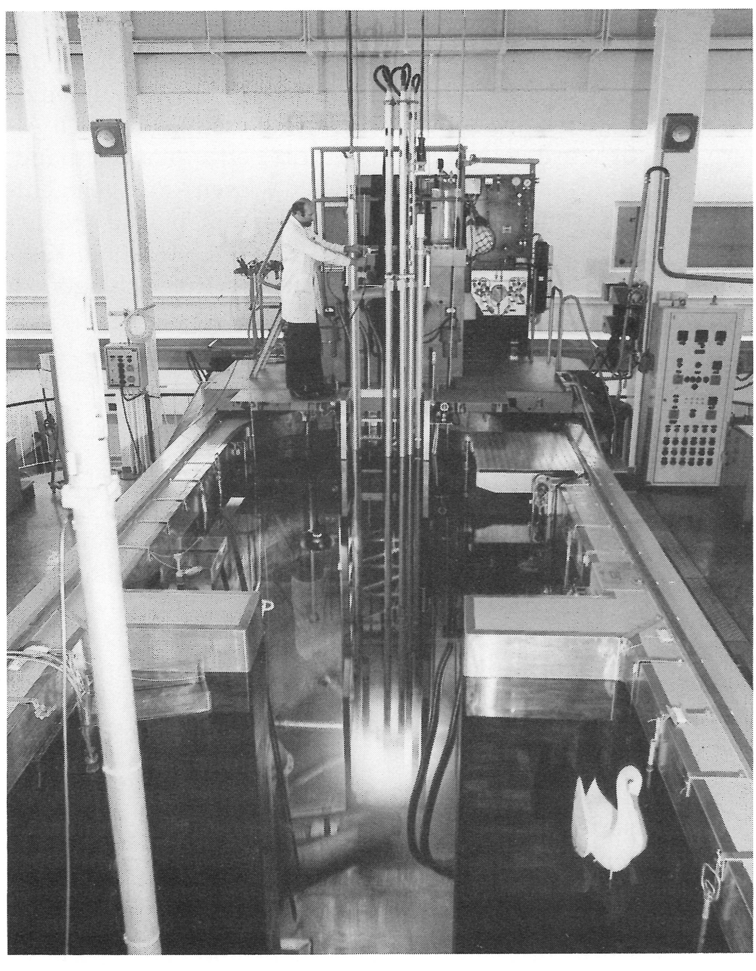
Gemeindeturnhalle die Vorzüge der Kernenergie geschildert und Befürchtungen wegen möglicher übler Folgen für die Umgegend zerstreut. Alle Anwesenden seien begeistert und stolz gewesen, daß in Würenlingen ein Atomreaktor gebaut werde.

Probleme mit der Becken-Dichtheit

Die Grundsteinlegung für das SAPHIR-Gebäude erfolgte am 17. April 1956. Der Reaktor sollte auch in Würenlingen in einem nach oben offenen Wasserbecken in neun Meter Tiefe betrieben werden, um direkte Sicht auf den Reaktorkern und direkte Zugänglichkeit für das Experimentieren bei noch zulässigem Strahlenpegel an der Wasseroberfläche zu ermöglichen. Der Bau des Wasserbeckens demonstrierte erstmals die erhöhten Anforderungen der Kerntechnik, als der Versuch, die ungenügende Dichtheit des Betons durch eine Auskleidung mit Keramikplättchen wettzumachen, nach langen Bemühungen aufgegeben werden mußte. Erst eine viel teurere, verschweißte Auskleidung der Beckenwände mit rostfreiem Stahl, die eine einjährige Betriebsunterbrechung bedingte, brachte 1963 eine zufriedenstellende Lösung. Zunächst aber konnte SAPHIR bereits am 30. April 1957 erstmals in den kritischen Zustand gebracht werden, womit eine sich selbst erhaltende Kettenreaktion von Kernspaltungen zum ersten Mal von Schweizern zustandegebracht war. Am 17. Mai 1957 erfolgte die feierliche offizielle Inbetriebnahme durch Bundesrat Petitpierre.

Im Frühjahr 1957 in Betrieb

Ende 1957 war auch die maximal zulässige Wärmeleistung von einem Megawatt erreicht – und die erste Forschungsanlage der Reaktor AG betriebsbereit. Zuerst wurde mit dem Reaktor selbst experimentiert, um genauere Kenntnisse über



Am Grunde des Wasserbeckens leuchtet der Kern des SAPHIR im charakteristischen blauen Licht. Das Wasser ist einerseits Moderator (der die Kettenreaktion erst ermöglicht), andererseits schützt es das Personal vor der Strahlung aus dem Reaktor. Der Plastik-Schwan rechts im Vordergrund dient, neben exakten Instrumenten, als 'von weitem ablesbare' Niveau-Anzeige. Nachdem ein Mitarbeiter in das Becken gefallen (und selbst herausgeschwommen) war, brachte man an der Tafel im Hintergrund noch einen Rettungsring für Nichtschwimmer an!

seine physikalischen Daten zu erwerben und um das Personal auszubilden.

Beznau-Wiese weiterhin Baustelle

Zugleich mit dem SAPHIR-Gebäude wurden auch ein Eingangsgebäude zum Areal, die «Loge», und das ebenerdige «kleine Labor» erstellt, das heute – inzwischen aufgestockt – dem Strahlenschutz dient. In diesen drei Bauten hatten von Januar 1957 bis zur Fertigstellung des «großen Laborgebäudes» im Jahre 1959 die ersten auf der Beznau-Wiese stationierten Mitarbeiter ihren Arbeitsplatz. Die Beznau-Wiese aber blieb noch auf Jahre hinaus eine Baustelle.

Allseits Begeisterung

Man vermag sich heute – aus der Sicht der beginnenden 90er-Jahre – in einer von Pessimismus, Mißtrauen und Existenzängsten bedrängten Gesellschaft wohl kaum mehr vorzustellen, wie groß die Motivation und Begeisterung aller am Aufbau der Kerntechnik Beteiligten und wie positiv auch die Einstellung der Öffentlichkeit zur Kernenergie war. Dabei

fehlte es damals gewiß nicht an Schwierigkeiten. Obschon das Durchschnittsalter der Mitarbeiter niedrig lag, waren bei der Reaktor AG Aufgaben zu bewältigen und Verantwortungen zu tragen, mit denen anderswo in der Industrie nur deutlich Ältere betraut wurden. Mit jedem Schritt betrat man Neuland. Sehr oft mußte man sich allein zu helfen wissen – und gelegentlich auch ein wenig Glück in Anspruch nehmen. Daß solchen herausfordernden und spannenden Pionierzeiten eine Konsolidierungsphase mit Enttäuschungen und Rückschlagen zu folgen pflegt, erfuhr auch die Reaktor AG.

Alles Neuland

Auf dem Weg zum EIR

Erklärter Hauptzweck der Reaktor AG waren aber nicht Montage und Betrieb des SAPHIR, sondern Bau und Betrieb eines eigenen Versuchsreaktors «P3». Da die Aktionäre sich dieses Unterfangen aber nicht allein zutrauen wollten, erreichten sie – damals ein völliges Novum – finanzielle Unterstützung von der Eidgenossenschaft (s. 5. Kapitel). Die Pläne sahen neben dem Reaktor und seinem Gebäude vorerst nur zwei kleine Laborbauten vor, die als Labor mit und ohne Säuren bezeichnet waren. Auf welche Weise die im P3 vorgesehenen, umfangreichen Bestrahlungseinrichtungen genutzt werden sollten, blieb vorerst offen. Als aber der SAPHIR mit seinen Experimentiermöglichkeiten hinzukam, drängten sich Laboratorien mit kostspieligen Einrichtungen und teurem Betrieb als Ergänzung zu beiden Reaktoren auf.

Hauptziel Prüfreaktor P3

Inzwischen hatte die Industrie jedoch erkannt, daß ihr nächster Schritt in Richtung einer eigenständigen Schweizer Kernkraftwerklinie, nämlich der Bau eines Demonstrationskraftwerkes, ihre finanzielle Leistungsfähigkeit aufs Äußerste beanspruchen würde. Daher konzentrierte sie sich überwiegend auf diesen Schritt und erklärte sich außerstande, der Reaktor AG über die bereits investierten 18,25 Millionen Franken und bisherigen Gratisleistungen im Wert von ungefähr sieben Millionen Franken hinaus weitere Mittel zukommen zu lassen. Im Gegenteil: Angesichts der großen Entwicklungsrisiken und der unsicheren Marktchancen sollte der Bund um massive Finanzhilfe auch für ein Demonstrationskraftwerk angegangen werden. Also stellte die Reaktor AG beim Bund Subventionsanträge für die weiteren Investitionen in Würenlingen, vor allem für das große Laborgebäude und für ein Hotlabor (ein Laboratorium zur Untersuchung und Bearbeitung stark radioaktiver Stoffe) sowie für die gesamten Betriebskosten. Und tatsächlich genehmigten die eidgenös-

Industrie finanziell überfordert, …

Reaktor AG sucht Bundeshilfe

sischen Räte, einschließlich der zu Beginn bewilligten 11,8 Millionen Franken, bis Ende 1958 Bundesbeiträge in der Höhe von 50 Millionen. Es kam deshalb nicht überraschend, daß das Parlament anläßlich einer Kreditgenehmigung Ende 1957 verlangte, die gegenwärtigen Vertragsverhältnisse zwischen Bund und Reaktor AG müßten neu geregelt werden – was die Übernahme des Personals und der Anlagen der Reaktor AG durch den Bund bedeutete.

Übernahme durch den Bund

Während diese politische Entwicklung ihren Lauf nahm, ging der Aufbau in Würenlingen weiter. Hatte Ende 1956 der Mitarbeiterbestand noch 50, davon 16 von der Industrie delegierte, betragen, so war er Ende 1958 bereits auf 135, davon 14 delegierte, und Ende 1959 auf 287, davon 101 Akademiker und noch drei delegierte, angewachsen. Ab 1957 gab es die Gliederung in neun Abteilungen, nämlich die Fachabteilungen Physik, Ingenieurwesen, Elektronik, Chemie und Metallurgie sowie in die Betriebsabteilungen SAPHIR, DIORIT, Strahlenüberwachung, Hilfsbetriebe und Administration. 1960 kam die Abteilung Hotlabor dazu, Chemie und Metallurgie wurden getrennt. 1961 wurde eine eigene Studienabteilung geschaffen, 1970 die Abteilung Isotopenproduktion. Zudem bestand seitens der ETH Zürich eine Delegation für Ausbildung und Forschung mit Standort Würenlingen unter der Leitung von Prof. Walter Hälg.

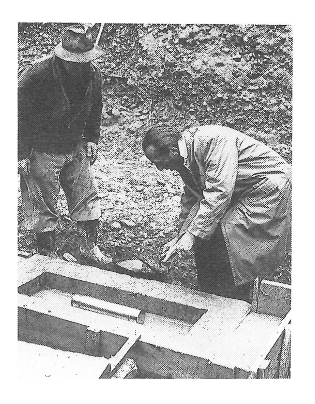
Der Aufbau geht weiter

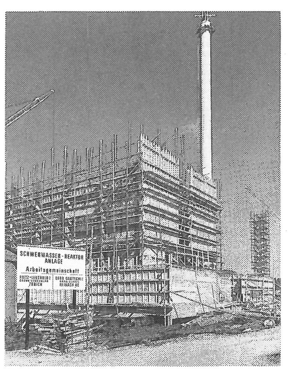
Mit der Inbetriebnahme des großen Labors im Jahre 1959, das später durchwegs als «Forschungslabor» bezeichnet worden ist, wurde die Zürcher Außenstation im Escher-Wyss-Areal aufgegeben, 1960 auch die in der Bärengasse in Zürich. Die Physiker, Chemiker, Metallurgen und Elektroniker konnten nun in bescheidenem Umfang mit Forschungsarbeiten beginnen – die Physiker beispielsweise mit wichtigen Exponentialversuchen als Bestätigung der Gitterberechnungen für den P3-Reaktor. Dienstleistungen für Montage und Inbetriebnahme des P3 sowie die beginnende Planung des Hotlabors beanspruchten aber weiterhin das Gros der Arbeitszeit. Die Ingenieure waren noch vollständig durch den Bau des P3 absorbiert. Radiochemiker und Isotopenproduktion blieben bis zur Inbetriebnahme des Hotlabors 1963 in ihrer Labortätigkeit eingeschränkt.

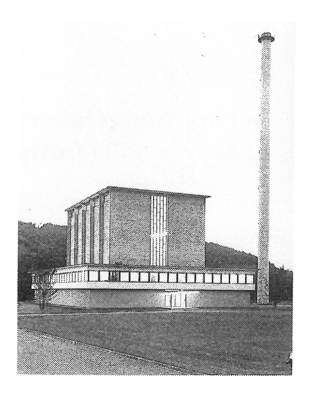
«Forschungslabor» 1959 fertig

Am 1. Mai 1960 begann durch Übernahme von Personal, Anlagen und Sachmitteln der Reaktor AG durch den Bund die Existenz des Eidg. Instituts für Reaktorforschung. Das neue EIR stand als Annexanstalt der ETH Zürich unter der Oberaufsicht des Schweizerischen Schulrats. In dessen Präsidenten Prof. Hans Pallmann hatte das EIR in der heiklen Übergangsphase einen überzeugten Förderer. Den Aktionären der

1. Mai 1960: EIR







Oben: Grundsteinlegung zum DIORIT durch Prof. Paul Scherrer im November 1956.

Mitte: Das DIORIT-Gebäude wächst rasch in die Höhe, der Abluft-Kamin ist bereits fertig.

Unten: Der Reaktor steht, die Experimente können beginnen.

Reaktor AG, die formell weiterexistierte, räumte der Bund im Übernahmevertrag Nutzungs- und Mitspracherechte für weitere 15 Jahre ein. Die Mitsprache erfolgte vor allem durch den zur Beratung des Schulrates geschaffenen Industrieausschuß, dessen elf Mitglieder von den Aktionären bestimmt wurden. Als weiterer Ratgeber des Schulrats wurde eine – vom Bundesrat ernannte und höchstens 20 Mitglieder zählende – Beratende Kommission konzipiert, in der vor allem die Hochschulen und die interessierten Bundesämter Einsitz erhielten.

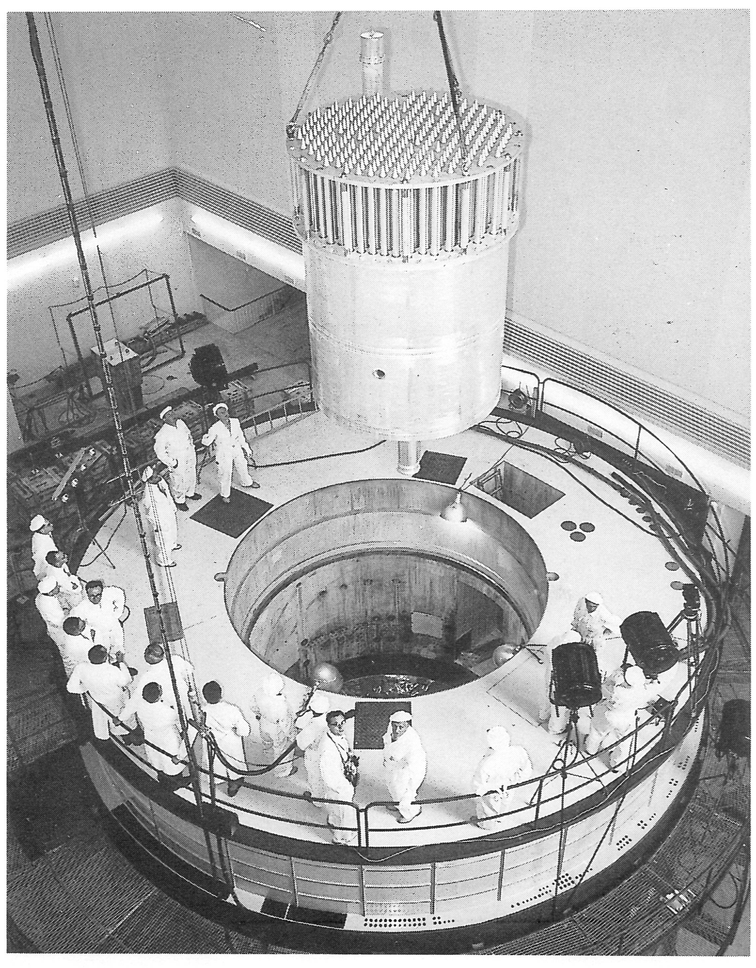
Direktor Sontheim blieb in der Privatindustrie. Zum neuen wissenschaftlichen Direktor des EIR wurde Dr. Werner Zünti bestimmt, zum technischen Direktor Dr. Andreas F. Fritzsche. Die Mitarbeiter der Reaktor AG bzw. des EIR wurden Bundesangestellte und später Beamte. Sie akzeptierten die Übernahme im allgemeinen mit wenig Begeisterung, führten jedoch die Arbeiten mit viel Zuversicht weiter.

Testreaktor DIORIT

An erster Stelle dieser Arbeiten ist der Reaktor P3 zu nennen. Seine Projektierung war bei der Gründung der Reaktor AG in den Grundelementen bereits weit fortgeschritten gewesen. Nach der Entscheidung für eine von vier Projektvarianten wurde im November 1956 mit dem Aushub für das Reaktorgebäude begonnen. Fast genau ein Jahr später war der Rohbau unter Dach.

Der P3 spiegelte die Grundelemente der von der Schweizer Industrie geplanten eigenständigen Kernkraftwerklinie. Damals war noch nicht einmal Natururan verfügbar, geschweige denn angereichertes Uran. Auch mußte man erwarten, daß selbst auf längere Sicht der Zugang zu angereichertem Uran eingeschränkt und darüberhinaus an Bedingungen geknüpft sein werde, so daß auch jegliche Tätigkeit als Lieferanten auf dem Gebiet der Reaktortechnik stark behindert würde. Daher strebten die Schweizer Autarkie an, und um diese Autarkie so weit wie nur möglich zu verwirklichen, sollte P3 mit metallischem Natururan als Brennstoff betrieben und mit Schwerwasser sowohl gekühlt wie moderiert werden. Als Forschungs- und Materialprüfreaktor mußten seine Experimentiereinrichtungen aber auch Versuche mit anderen Kühlmitteln bei – in gewissen Grenzen variablen – Temperaturen und Drücken gestatten. Zudem war er auch für die Herstellung von radioaktiven Materialien für Medizin, Industrie und Forschung gedacht und ausgerüstet.

Mit der Wahl von metallischem Natururan nahm man bewußt einige Nachteile in Kauf. Beispielsweise bedeutete der



Der Reaktortank des DIORIT beim Einbau. Der Tank wird mit Schwerwasser gefüllt und durch die – oben herausstehenden – Standrohre mit den Uran-Brennelementen beladen. Umgeben ist der Tank von einem Graphitreflektor, der die Neutronenverluste reduziert, sowie von einer massiven Abschirmung aus Beton.

– gegenüber Reaktoren mit hochangereichertem Uranoxid – begrenzte Neutronenfluß längere Bestrahlungszeiten, was den Wert des P3 im Rahmen internationaler Zusammenarbeit später beeinträchtigte. Ferner erwies sich die Korrosionsanfälligkeit des Aluminiums, aus dem der dünnwandige Reaktortank und die Brennelementhüllen gefertigt waren, ebenso als erwarteter Schwachpunkt wie die metallurgischen Eigenschaften des metallischen Urans (das sich unter allzu starker thermischer Beanspruchung deformiert, dessen Verwendung sich jedoch nicht umgehen ließ). Unter den Vorzügen des P3 gegenüber hochangereicherten Versuchsreaktoren ist beispielhaft das größere Volumen der Versuchskanäle erwähnenswert.

Nachteile von metallischem Uran und Aluminium

Als Lernobjekt beim Einstieg der Schweiz in die Kerntechnik war der DIORIT, wie der P3 aufgrund eines Preisausschreibens 1957 benannt wurde, dennoch von außerordentlichem Wert. Sein Bau lehrte die beteiligten Firmen eindrücklich, daß

Lernobjekt



In der Experimentierhalle des DIORIT ließen sich Versuchsapparaturen auf mehreren Ebenen übereinander anordnen, weil man den Reaktorkern – hinter dem dickwandigen Betonzylinder in der Mitte – über das Bodenniveau gelegt hatte. Links ein Versuchskanal für ein Experiment mit Neutronen. Da auch externe Forschergruppen bald die Möglichkeiten nutzten, war die Halle meist bis auf den letzten Quadratmeter ausgenutzt.

die Kerntechnik in bezug auf Präzision und Qualität neue Maßstäbe verlangte. Etliche Schweizer Unternehmen lieferten und errichteten wesentliche Anlagenteile: Elektrowatt AG zusammen mit Motor Columbus das Reaktorgebäude und die Strahlenabschirmungen, die Gebr. Sulzer AG zusammen mit Escher-Wyss die Kühlkreisläufe einschließlich der Schwerwasserpumpen, Sécheron Genf die gekapselten Motoren der Haupt-Schwerwasserpumpen, Ateliers des Charmilles S.A. Genf die Schwerwasserpumpen der Reinigungskreisläufe, das Aluminium-Schweißwerk Schlieren den Reaktortank, Sprecher & Schuh zusammen mit Landis & Gyr die elektrischen Anlagen und die Reaktorsteuerung, von Roll die

Überwiegend Schweizer Eigenbau

thermische Abschirmung, die Maschinenfabrik Oerlikon die Notstromversorgung. An wichtigen Komponenten wurden die Brennelemente aus Kanada und das Schwere Wasser aus den USA bezogen. Letzteres sollte zunächst in der Schweiz produziert werden, wofür entsprechende Verträge bereits abgeschlossen waren – allerdings zu hohen Preisen und langen Lieferfristen. Als im Sommer 1955 die USA prompte Lieferung zu einem viel niedrigeren Preis anboten, griff die Reaktor AG zu. Dieser Wechsel des Lieferanten zog langwierige und unerfreuliche Verhandlungen über die Auflösung der Verträge mit den Schweizer Firmen nach sich.

Brennelemente und Schwerwasser aus Übersee

Bei der Gründung des EIR am 1. Mai 1960 waren der DIORIT fertiggestellt und ausgeprüft, das Betriebspersonal, das sich weitgehend aus erfahrenen Handwerkern der Montageequipe rekrutierte, einsatzbereit, die Betriebsvorschriften erarbeitet und der Sicherheitsbericht von vier von der Europäischen Atomenergieagentur (ENEA) vorgeschlagenen Experten begutachtet. Ihr Urteil lautete: «*Based on the information supplied in the reports and at the meeting, it is the conclusion of the Advisory Panel on Reactor Safeguards that the DIORIT reactor can be operated without undue risk to the health and the safety of the public*» – auf der Grundlage der Informationen, die ihm mit den Berichten und bei dem Treffen vorgelegt wurden, kommt das Gutachtergremium über Reaktorsicherheit zu dem Schluß, daß der DIORIT ohne unzulässiges Risiko für Gesundheit und Sicherheit der Bevölkerung betrieben werden kann. So unkompliziert Prüfverfahren und Urteil waren, genügten sie damals den Bewilligungsbehörden.

Unkompliziertes Prüfverfahren

Am 15. August 1960 wurde der erste von Schweizern projektierte und gebaute Kernreaktor erstmals kritisch. Augenzeugen erinnern sich noch lebhaft an die zunächst herrschende Spannung und Nervosität, die dann in Freude und Stolz aller Beteiligten übergingen. Am 26. August 1960 war es, wie schon beim SAPHIR drei Jahre zuvor, wieder Bundesrat Petitpierre, der – diesmal als Bundespräsident – die offizielle Inbetriebnahme vornahm.

15. August 1960: erster echt Schweizer Reaktor

Impulse für die Forschung

Auf die Inbetriebnahme des DIORIT folgten viele Monate umfangreicher Messungen bei geringer Leistung, um kernphysikalische und ingenieurtechnische Daten in allen Details zu ermitteln. Dabei blieben auch unangenehme Überraschungen nicht aus. So etwa mußte ein kostspieliger Zwischenkreislauf installiert werden, weil die starke Verschmutzung des

Hindernisreiche Anlaufphase

Probleme mit Kühlwasser und Aluminium

Aarewassers durch Abwässer einer Papierfabrik die Kühlleistung der – zur Einsparung von Schwerem Wasser sehr kompakt gebauten – Aarewasser-Kühler des DIORIT allzu rasch vermindert hatte. Auch traten an den Aluminiumhüllen der Brennelemente Mängel auf, die ihren Ersatz nötig machten. Aus diesen Gründen konnte der Reaktor erst im Dezember 1961, dann allerdings ohne Probleme, auf die projektierten 20 Megawatt Wärmeleistung gebracht werden. 1960 erhielt das EIR auch seinen ersten Großrechner vom Typ Zuse 22, dem in rascher Folge immer leistungsfähigere folgten.

Hotlabor …

Die Übernahme durch den Bund deblockierte auch die weiteren Bauvorhaben. Beispielsweise wurden Mitte 1960 der Bau des Technischen Labors für die Ingenieure und Ende des Jahres auch der des Hotlabors für den Umgang mit stark radioaktiven Materialien begonnen. Mit 306 Mitarbeitern lag der Personalbestand Ende 1960 um 44 unter dem Sollbestand – die anlaufende Hochkonjunktur machte sich bemerkbar. Ende 1961 lauteten die Zahlen 363 und 28. Dabei wäre für den Betrieb der umfangreichen Anlagen und für deren volle Nutzung zur Forschung noch viel mehr Personal als das Soll notwendig gewesen. Im deutschen Kernforschungszentrum Karlsruhe arbeiteten zur selben Zeit rund 2500 Mitarbeiter an einem Forschungsreaktor von ähnlicher Kapazität wie jener des DIORIT. Die Personalsituation am EIR hatte auch immer wieder Schwierigkeiten mit der termingerechten Erledigung von Aufgaben innerhalb internationaler Forschungsprojekte zur Folge. Die Zusammenarbeit konnte aber dank guter Qualität der Arbeiten dennoch erhalten werden.

… und Personalmangel

1961 war das erste Jahr, in dem nicht mehr die meisten Kräfte durch Aufbau und Inbetriebnahme von Anlagen und Gebäuden gebunden waren. Zwar mußte vom Kader viel Arbeitszeit für die Mitarbeit in zahlreichen Kommissionen und internationalen Gremien aufgewendet werden. Das Gros der Tätigkeiten verschob sich aber immer mehr zu Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, Experimente vieler Art liefen nun voll an.

Die Industrie zieht sich zurück

Bund und Industrie auf getrennten Wegen

Der Glanz der Ereignisse des Jahres 1960, nämlich die Gründung des EIR und die Inbetriebnahme des DIORIT, hatten verdeckt, daß das Umfeld der Würenlinger Anlagen in einem grundlegenden Wandel begriffen war. Die Reaktor AG war die Klammer gewesen, die innerhalb der Wirtschaft und zwischen Wirtschaft und Bund eine einigermaßen einheitliche Linie in den beiderseitigen Bemühungen um den Aufbau der Kern-

technik gewährleistet hatte. Diese Klammer war mit der Gründung des EIR weggefallen, und Bund und Industriegruppierungen begannen nun ihre eigenen Wege zu gehen (allerdings mit einer gewissen Zusammenarbeit im beiderseitigen Interesse).

Kein freier Markt in Sicht

Für die gewandelte Einstellung der Industrie gab es eine Reihe von Gründen. Die Erwartung, im eigenen Lande abbauwürdige Uranvorkommen zu finden, hatte sich nicht erfüllt, obwohl über viele Jahre prospektiert worden war. Der vor allem in den USA und in Großbritannien erzielte wissenschaftliche und technische Fortschritt verschob die Leistung und damit die Investitionskosten für wirtschaftliche Kernkraftwerke zu immer höheren Werten. Auch zeichnete sich ab, daß in allen anderen Ländern die Kerntechnik auf lange Zeit unter starker staatlicher Kontrolle und Einflußnahme bleiben würde, was die Entstehung eines freien Marktes unwahrscheinlich machte. Alle diese Entwicklungen weckten in der Schweizer Industrie wachsende Zweifel darüber, ob die Basis für eine Eigenentwicklung wirklich ausreichend sei.

BBC: kein eigener Reaktor in der Schweiz

Als erster zog Walter Boveri die Konsequenzen. Mit seinem bereits 1956 aufgenommenen Plan, ein amerikanisches Demonstrationskraftwerk zu kaufen und zu betreiben, meldete er de facto den Ausstieg von BBC aus der Eigenentwicklung und die Hinwendung zum Komponentenbau und zur Beteiligung von BBC-Mannheim an der bundesdeutschen Entwicklung des Hochtemperaturreaktors an. Andere Industriekreise, die sich zur THERMATOM und ENUSA SA gruppiert hatten (s. 7. Kapitel), wollten aber noch nicht aufgeben, sondern beschlossen, mit starker Unterstützung durch den Bund das Versuchsatomkraftwerk Lucens zu bauen. Dazu formierten sich 1961 alle Gruppierungen in der «Nationalen Gesellschaft zur Förderung der industriellen Atomtechnik» (NGA).

NGA: Lucens bauen

Aufträge für EIR

Dem EIR wurden im Rahmen der Planung von Lucens und der – ebenfalls von der NGA durchgeführten – Studien für ein nachfolgendes Prototypkraftwerk wichtige Forschungs- und Entwicklungsaufträge erteilt. Am EIR räumte man ihnen erste Priorität ein. Die Vorstudien galten den drei Varianten Uranmetall und Gaskühlung, Uranoxid und Gaskühlung sowie Uranoxid und Dampfkühlung. Schwerwasser als Moderator, Druckrohre aus einer Zirkonlegierung und 250 Megawatt elektrische Leistung war allen drei gemeinsam. Hierfür wurden im technischen Labor und im DIORIT komplexe Testkreisläufe bzw. «Loops» aufgebaut. Die meisten davon gingen 1964 in Betrieb. Andere Experimente hatten die Abklärung des metallurgischen Verhaltens – z.B. von Korrosion in Dampf, Verspröden, Kriechen mit und ohne Einfluß radioaktiver

Testkreisläufe

Strahlung – insbesondere von Zirkonlegierungen sowie die Abgabe gasförmiger Spaltprodukte aus dem Uranoxid zum Ziel. Dazu wurden Proben in beiden EIR-Reaktoren bestrahlt. Im November 1966 überhitzte sich in einem Testloop des DIORIT ein Teil-Brennelement vom Lucens-Typ, weil beim Reaktorstart eine Uranstabhülle gerissen war, worauf sich der Brennstab verklemmte und die Kühlung des Elementes beeinträchtigte. In der Folge schmolz das Uranmetall und verseuchte den ganzen Loop radioaktiv, so daß dieser abgebaut werden mußte. Die Untersuchung der ausgebauten Teststrecke war für das Hotlabor eine gute Vorübung für das, was später vom havarierten Lucens-Reaktor angeliefert wurde.

Zwischenfall

Zwischen Stuhl und Bank

Wenig Interesse von Industrie ...

Die Aufträge für Lucens vermochten das EIR mit der Zeit immer weniger auszulasten. Würenlingen war auf weitere Aufgaben und Mittel aus der Industrie angewiesen. Die Maschinen- und Elektroindustrie zeigte sich am EIR vor allem als Ausbildungsstätte für ihren Nachwuchs in der Kerntechnik interessiert, wollte aber ihr Mitspracherecht via Industrieausschuß dennoch nicht aufgeben. Die chemische und die Nahrungsmittelindustrie standen ebenso wie die Landwirtschaft abseits. Die Elektrizitätswirtschaft bekundete erst von ihrem Einstieg in den Kernkraftwerkbau im Jahre 1964 an Interesse, und zwar vor allem an der Ausbildung von Betriebspersonal, konnte aber auch dann kaum Aufträge an das EIR vergeben, weil sie an ihre Lieferfirmen gebunden war. Auch die Hochschulen betrachteten das EIR vor allem als Dienstleistungsstelle für Lehre und Forschung. Obwohl das EIR eine Annexanstalt der ETH Zürich war, fanden sich die Eidg. Technische Hochschule und das EIR nicht zu einer befriedigenden wissenschaftlichen Zusammenarbeit, denn die ETH wollte langfristige Grundlagenforschung betreiben sowie deren Inhalt und Verlauf auch selbst bestimmen, während sich das EIR der mittelfristigen, stark anwendungsorientierten Forschung verpflichtet fühlte.

... und Hochschulen

Der Bund andererseits war überzeugt, daß die Kerntechnik in der einen oder anderen Weise eine bedeutsame Rolle in der Schweiz spielen würde, und daß hierfür ein Forschungszentrum unbedingt nötig sei. Er brauchte eine Institution mit kompetenten, anerkannten Fachleuten auf zahlreichen Gebieten, sei es für die von ihm bilateral und mit der OECE abgeschlossenen Kooperationsabkommen (s. 5. Kapitel), sei es zur Beantwortung der in Politik und Bewilligungsverfahren

Bund: Forschungszentrum nötig

auftretenden nukleartechnischen Fragen, sei es für die Ausbildung des Personals seiner Sicherheitsbehörden. Prinzipiell war man sich auf breiter Basis einig, daß ein solches Kompetenzzentrum nur durch attraktive Forschungsprogramme auf dem gewünschten Niveau gehalten werden könne. Wenn es aber darum ging, die entsprechenden Programme und die hierfür nötigen Mittel zu befürworten, brachen die gegensätzlichen Interessen durch. Besonders frustrierend für die Mitarbeiter des EIR war, daß in den beratenden Gremien den Forschungsprogrammen wenn auch halbherzig, so doch durchwegs zugestimmt, außerhalb der Gremien aber Kritik und Opposition geübt wurde.

Kein Konsens über Programme, Mittel ...

Dieser Zustand schleppte sich über Jahre hin, klare Entscheidungen wurden nicht gefällt, das EIR geriet zwischen Stuhl und Bank.

Als sich beim Bau von Lucens, der 1962 begonnen wurde, bald mißliche Erfahrungen, vor allem Kostenüberschreitungen, einstellten, rückte das Ende einer eigenständigen Schweizer Reaktorentwicklung rasch näher (s. 7. Kapitel). Das EIR war unmittelbar von dieser Entwicklung betroffen, weil die NGA nun ihre Mittel für die Arbeiten in Würenlingen kürzte und die Vorstudien auf Ende 1966 ganz auslaufen ließ. Anfänglich sehr positiv verlaufende Vertragsverhandlungen der NGA mit Kanada in den Jahren 1965 und 1966 über eine gemeinsame Entwicklung von Schwerwasser-Reaktoren weckten nochmals Hoffnungen. Der Vertragsabschluß scheiterte jedoch an der Unentschlossenheit des Schweizer Partners. Die Würfel für den Rückzug der Industrie fielen aber bereits, als die Nord-Ostschweizerische Kraftwerke AG (NOK) 1964 für das erste Kernkraftwerk in der Schweiz, Beznau, einen amerikanischen Leichtwasser-Reaktor der Firma Westinghouse wählte (s. 10. Kapitel).

... und Zusammenarbeit mit Kanada

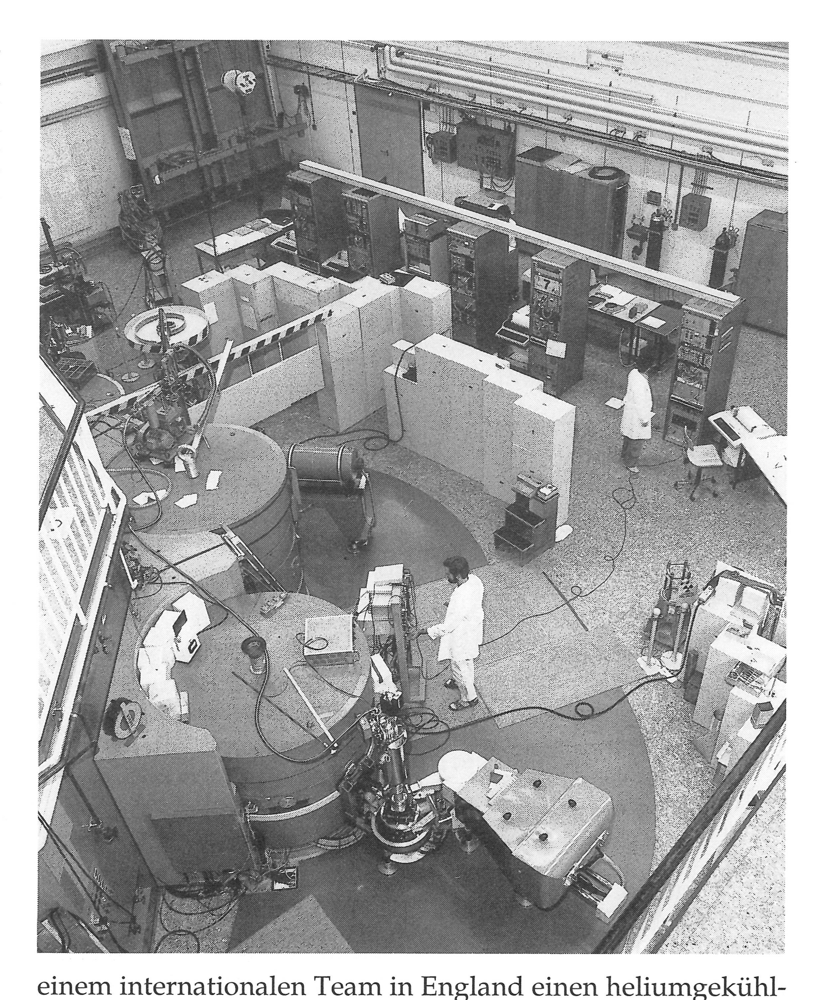
Das EIR sah sich nun veranlaßt, in wachsendem Umfang eigenständige Forschungen und Entwicklungen an die Hand zu nehmen. Dabei bildete internationale Zusammenarbeit stets ein zentrales Element der Programmgestaltung, weil es im Interesse der Schweiz liegt, die eigenen begrenzten Kräfte durch internationale Zusammenarbeit zu ergänzen.

Selbsthilfe

Eigene Forschungsprojekte

Eine erste solche Aktivität wurde 1962 in Form einer internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Hochtemperaturreaktors begonnen. In dieser hatte das DRAGON-Projekt der OECE, das bereits 1959 angelaufen war, zum Ziel, mit

Projekt DRAGON



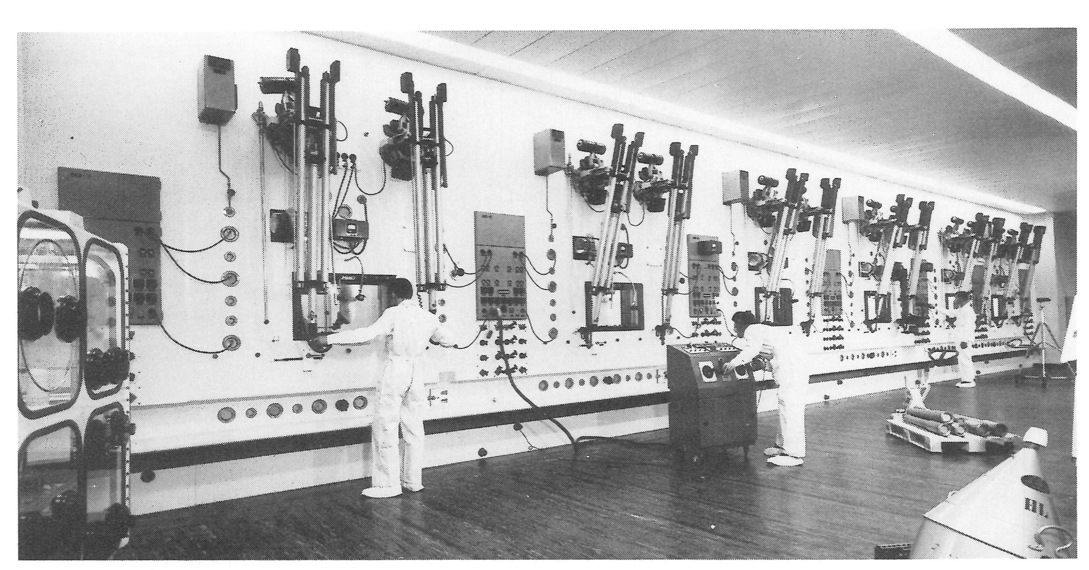
Der EIR-Forschungsreaktor SAPHIR wurde schon früh mit Instrumenten ausgestattet, um Neutronen aus dem Reaktorkern für Streuexperimente zu nutzen, z.B. zur Untersuchung von Materialstrukturen.

einem internationalen Team in England einen heliumgekühlten Hochtemperaturreaktor zu bauen, bei dessen Betrieb Erfahrungen zu sammeln und Brennelemente auf der Basis von «coated particles», beschichteter Teilchen zu entwickeln. Die Mitarbeit des EIR beinhaltete in einer ersten Phase die Delegation von Mitarbeitern zum DRAGON-Projekt, im weiteren die Bestrahlung von Brennstoffproben im DIORIT und deren Prüfung nach der Bestrahlung. In diese Aufgaben konnte das EIR voll einsteigen, nachdem Ende November 1963 das Hotlabor betriebsbereit geworden war. Es versetzte das EIR in die Lage, mit allen Arten von radioaktivem Material zu experimentieren, selbst wenn dessen Strahlung sehr intensiv war. Dem DRAGON-Projekt war technisch ein voller Erfolg beschieden, doch scheiterte es schließlich 1976 am mangelnden Zusammenarbeitswillen der beteiligten Staaten.

1963 Hotlabor in Betrieb

Projekt Brutreaktor

Ein weiteres wichtiges und langjähriges Forschungs- und Entwicklungs-Projekt eigener Provenienz befaßte sich mit



In den «heißen Zellen» des Hotlabors werden radioaktive Stoffe, z.B. bestrahlte Proben von Reaktorbrennstoffen, mit Manipulatoren hinter Betonwänden und Bleiglasfenstern gehandhabt.

dem schnellen Brutreaktor. Erste Gehversuche erfolgten 1967 mit dem Vorschlag des EIR, Lucens in einen schnellen Reaktor umzubauen, was etwelche Diskussionen auslöste. Diese Ideen erledigten sich jedoch von selbst mit der Havarie des Lucens-Reaktors im Januar 1969 (s. 8. Kapitel). Die Hauptstoßrichtung zielte auf den gasgekühlten Brüter, der intensiv zusammen mit der amerikanischen Firma General Atomic Co. und später im Rahmen der European Nuclear Energy Agency mit breiter internationaler Beteiligung studiert wurde. Als dieses Projekt in den USA aufgegeben wurde, setzte sich die Zusammenarbeit mit der General Atomic mit Arbeiten am Hochtemperaturreaktor fort. Studien über einen Salzschmelze-Brüter führten über theoretische Arbeiten nicht hinaus. Am Programm schneller Brüter nahmen etwa 50 Mitarbeiter vollzeitlich teil.

Plutoniumprogramm

Zum dritten eigenständigen Schwerpunkt entwickelte sich ab 1966 das «Plutoniumprogramm» zur naßchemischen Herstellung von Uran-Plutonium-Mischkarbid in Partikelform. Es gestattete den Aufbau eines Kompetenzzentrums für nukleare Brennstoffe und umfaßte einen breitgestreuten Erfahrungsaustausch vor allem mit Belgien und den USA über zukunftsgerichtete Brennstoffkonzepte für Brutreaktoren. Die nötigen Speziallabors für Herstellung und Charakterisierung der Karbide erforderten im Hotlabor die Erweiterung des Radiochemietraktes, den Einbau dichter Caissons in die Betonzellen und die Beschaffung und Anpassung zahlreicher moderner Analytikgeräte. In den ersten Jahren waren an dem Programm etwa 40 Mitarbeiter direkt beteiligt.

Ausbau des Hotlabors

Zweifellos waren diese Schwerpunktprogramme wissenschaftlich und technisch sehr erfolgreich, und oft waren sie



Neben den Heißzellen gehören zum Hotlabor auch Handschuhkästen, in denen bei geringem Unterdruck leicht radioaktive Stoffe ohne Kontaminationsgefahr für das Personal behandelt werden können.

sogar bahnbrechend. Die allgemeine Entwicklung der Kerntechnik, die am Brüter wie am Hochtemperaturreaktor als kommerziellen Kraftwerkreaktoren vorbeiging, erzwang jedoch mit der Zeit ihre Aufgabe. Immerhin war die Interdisziplinarität der Forschungs- und Entwicklungs-Arbeiten am EIR ein Novum für wissenschaftliches Arbeiten in der Schweiz: Wissenschaftler verschiedener Fachrichtungen arbeiteten gemeinsam an einer Aufgabe ohne Konkurrenzangst, wozu auch die oft hervorragenden Leistungen der Werkstätten sowie der Abteilungen Elektronik und Hilfsbetriebe im Apparate- und Anlagenbau wesentlich beitrugen.

Interdisziplinarität Novum für Schweiz

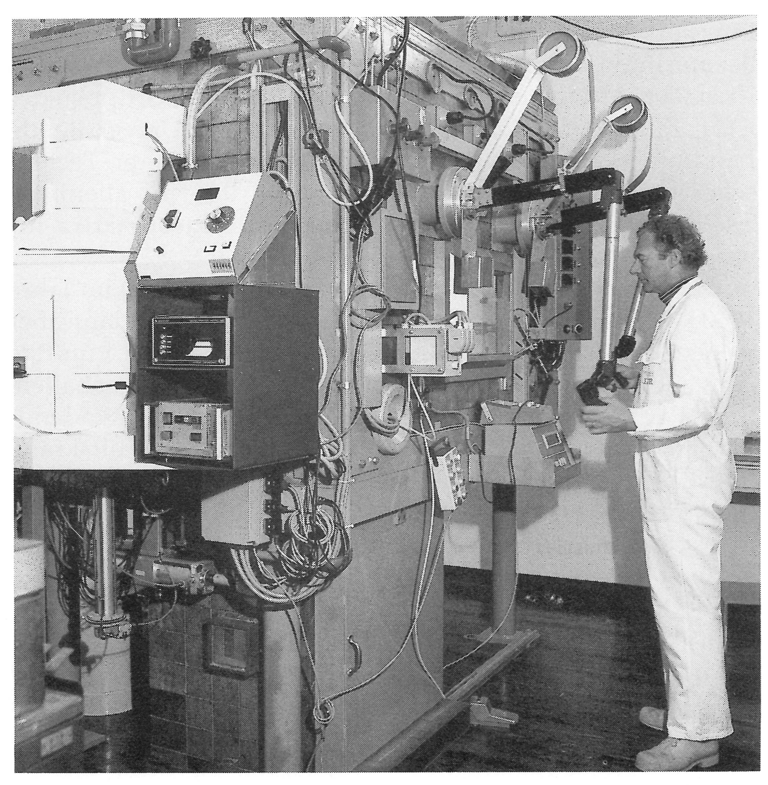
Neben den stark anwendungsorientierten Forschungs- und Entwicklungs-Programmen widmeten sich verschiedene Abteilungen auch mehr grundlagenorientierten Forschungsprojekten. Die Abteilung Physik beispielsweise konnte von 1968 an während langer Jahre mit dem Nulleistungsreaktor-Experiment PROTEUS wichtige reaktorphysikalische Daten für Brennelement-Gitter ermitteln. International bekannt wurden auch Präzisionsmessungen der Spaltquerschnitte und der Spaltausbeuten von Uran-, Thorium- und Actiniumisotopen. Die Abteilung Chemie baute Anlagen zur Anreicherung von stabilen Isotopen und zur Gewinnung von reinstem Schwerwasser.

Vermehrte Grundlagenforschung

Dienstleistungen und Erfahrungen

Intern und extern

Umfangreich waren auch die laufenden Dienstleistungen, welche verschiedene Abteilungen für institutsinterne wie für externe Stellen erbrachten – z.B. Aktivierungsanalysen,



Für besondere Aufgaben, etwa in der Produktion medizinischer Radioisotope, stehen auch Einzelmanipulatoren zur Verfügung, die ebenso wie «heiße Zellen» und Handschuhkästen dem Personal ermöglichen, radioaktive Stoffe geschützt vor deren Strahlung zu handhaben.

Lieferung von Elementen mit angereicherten stabilen Isotopen; Bestrahlungen mit Gammastrahlen; Wartung, Reparatur und Zerlegung radioaktiver Quellen; Ausbildung von Reaktoroperateuren, AC-Truppen der Armee und Strahlenschutzpersonal für Kernkraftwerke, Spitäler, Feuerwehr, Polizei und Betriebe.

Isotope für Medizin, Wissenschaft und Industrie

Eine herausragende Stellung im Dienstleistungssektor des EIR nahm die Isotopenproduktion ein, die zunächst den Abteilungen Chemie und Hotlabor eingegliedert war und 1970 eine selbständige Abteilung wurde. Sie entwickelte sich zum Hauptlieferanten von radioaktiven Materialien für Medizin, Wissenschaft und Industrie in der Schweiz, lieferte zunehmend aber auch ins Ausland. Waren es 1959 insgesamt 204 Lieferungen, so stieg diese Zahl 1965 auf 1863 Lieferungen im Wert von 125.000 Franken und 1969 auf 8750 Lieferungen im Wert von 1,15 Millionen Franken.

Ausbildung

Zu den Dienstleistungen gehörten auch die Vorlesungstätigkeit von EIR-Mitarbeitern an Hochschulen und Höheren Technischen Lehranstalten, die Betreuung von Doktoranden, die regelmäßige Durchführung von wissenschaftlichen und technischen Kolloquien sowie die Betreuung von Gastwissenschaftlern. Die ersten Gastgruppen stellten sich schon 1958 ein.

Eine Forschergruppe des Kernforschungszentrums Karlsruhe begann ihren langjährigen Gastaufenthalt mit dem Aufbau von Kristallspektrometern an SAPHIR und DIORIT. Gruppen der ETH Zürich, der Ecole Polytechnique de l'Université de Lausanne, kantonaler Hochschulen sowie Höherer Technischer Lehranstalten experimentierten später vor allem am SAPHIR. Dort fanden auch regelmäßig Reaktorpraktika für Studenten statt.

Hochschulen am SAPHIR

Der Personalbestand des EIR stieg von rund 300 im Jahre 1960 kontinuierlich auf 548 im Jahre 1965 an, wurde dann aber wegen der wachsenden Unsicherheiten über die künftige Aufgabengestaltung mehr oder weniger konstant gehalten. Ende 1969 waren am EIR 572 Mitarbeiter, davon 117 Akademiker, aus 20 Nationen tätig, Gastwissenschaftler, Hilfskräfte und Lehrlinge nicht eingeschlossen. Dieser Personalbestand, die umfangreichen Forschungs- und Entwicklungs-Arbeiten und der kostenintensive Betrieb der zahlreichen Spezialanlagen hatten natürlich ihre Auswirkungen auf das Budget. Hatte der Betriebsaufwand im letzten Jahr der Reaktor AG, also 1959, noch 5,5 Millionen Franken betragen, so stiegen die jährlichen Ausgaben bis 1963 auf 15,5 Millionen Franken, und 1969 erreichten sie 28,1 Millionen Franken, wobei die Inflation einigen Anteil an diesem Zuwachs hatte. Zu diesen Ausgaben kamen noch die Kosten für die Neubauten.

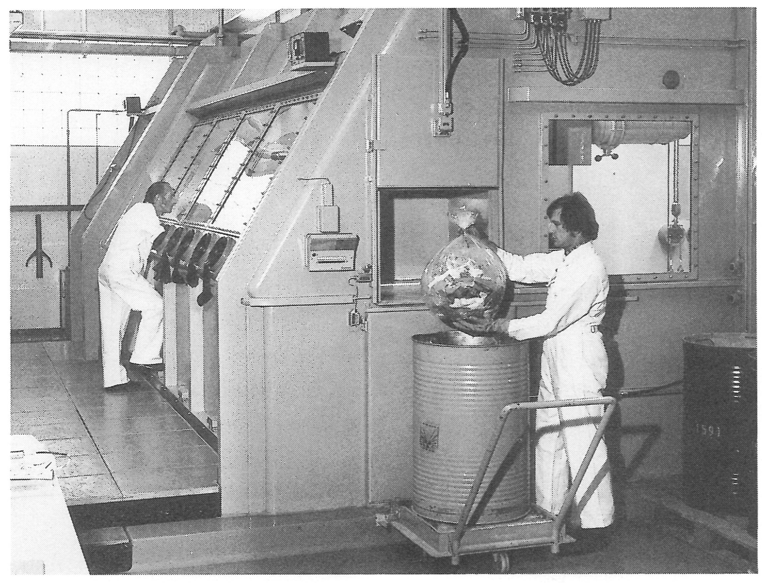
1969 572 Mitarbeiter, Budget 28 Mio.

Die Bautätigkeit kam nämlich auch nach 1963 nicht zum Stillstand. Ab 1965 stand ein Kantinengebäude zur Verfügung. Mitte 1965 war das Labor für Oberflächentechnik fertig. In der zweiten Hälfte des Jahrzehnts wurden das Büro- und das Dienstgebäude in Betrieb genommen, der Anbau zum DIORIT-Gebäude erstellt und das Hotlabor erweitert. Die Kraft- und Wärmezentrale wurde im Hinblick auf die Versorgung des im Aufbau befindlichen benachbarten Instituts für Nuklearforschung (SIN) erweitert, Anlagen zur Behandlung und Lagerung von schwach radioaktiven Abfällen, eine konventionelle Kläranlage, ein Feuerwehrmagazin und die Aarebrücke zum SIN wurden gebaut.

Rege Bautätigkeit

Die Anlagen des EIR bewährten sich über all die Jahre, wenn man von einem permanenten Mangel an Labors und Büros absieht. Nur der DIORIT blieb lange ein Sorgenkind. Die Sparzwänge bei seinem Bau resultierten in zahlreichen Engpässen und Kinderkrankheiten. Insbesondere Schäden an einer Schwerwasserpumpe und – ab 1964 – an etlichen Brennelementen zogen Betriebsunterbrechungen und schließlich sogar eine erste Stillstandsphase nach sich, während welcher die Brennelemente der ersten Ladung ausgewechselt und gleichzeitig die Kühlkapazität für einen Betrieb bei 30 Megawatt

Sorgenkind DIORIT



Eine der nationalen Aufgaben des EIR ist das Sammeln und Verarbeiten radioaktiver Abfälle aus Medizin, Forschung und Industrie. Im Bild werden sie in großen Handschuhkästen sortiert und anschließend in Fässern mit Beton vergossen.

Wärmeleistung vergrößert wurden. Ende 1966 erzwang das bereits erwähnte Schmelzen eines Test-Brennelementes für den Lucens-Reaktor ein Abstellen des DIORIT bis März 1967. Doch schon im Herbst 1967 trat ein schwerer Hüllendefekt eines Brennelementes auf, der eine weiträumige Verseuchung des Reaktors und seines primären Kühlkreislaufes zur Folge hatte. Die notwendige Reinigung und Revision war heikel und dauerte ein Jahr. Dann folgte eine störungsfreie Betriebsphase mit der letzten Ladung von Brennelementen aus Uranmetall, zu deren Schonung die Wärmeleistung jedoch auf 24 Megawatt begrenzt wurde.

1967
Defekt im DIORIT

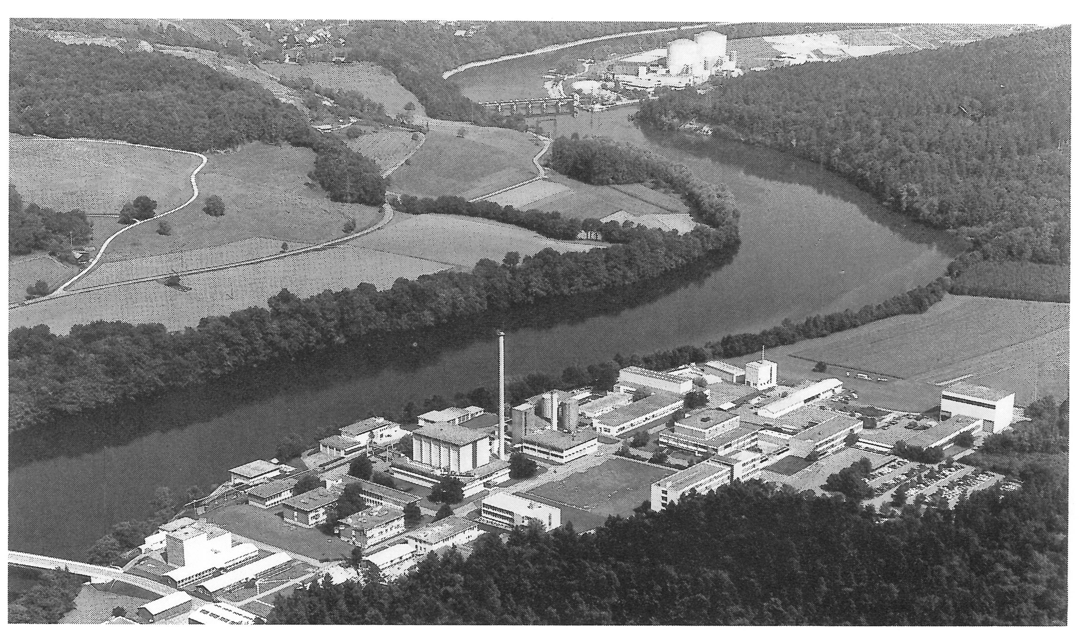
Von Mai 1970 bis Mitte 1972 mußte der Betrieb aber wieder unterbrochen werden, um den Reaktortank auszuwechseln. Zugleich wurde der Reaktor für einen Betrieb mit neuartigen, mit Zirkalloy-Metall umhüllten Brennelementen vorbereitet, die als Brennstoff auf 2,2 Prozent Uran-235 angereichertes Uranoxid enthielten. Erst danach kam ein langfristiger Routinebetrieb zustande. Der Lerneffekt für das Personal aus diesen Rückschlägen und ihrer Beseitigung war allerdings sehr groß. Man wußte nun, wie man mit stark kontaminierten Komponenten und Anlagen umgeht.

1972
neuer Reaktortank

Endlich Stabilität

Ende 1967 genehmigte der Bundesrat, als Folge des Abbruchs der eigenständigen Reaktorentwicklung, ein neues Arbeitsprogramm für das EIR. Daß dieses Programm von den

1967 neues
Arbeitsprogramm



Das EIR aus der Vogelperspektive mit Blickrichtung Nord: ganz links die Brücke über die Aare zum SIN, daran anschließend das Forschungslabor; in der Mitte das DIORIT-Gebäude mit dem hohen Abluftkamin, rechts davon Werkstattgebäude und Hotlabor, ganz hinten außen der Bau mit den Einrichtungen zur Verarbeitung radioaktiver Abfälle. Im Hintergrund das Kernkraftwerk Beznau.

zuständigen Gremien des EIR zwar befürwortet, zugleich aber öffentlich kritisiert wurde, brachte eine offene Krise zum Ausbruch. 1969 nahmen die Eidg. Räte die «Motion Wartmann» an, die vom Bundesrat eine umfassende Überprüfung des EIR, seiner Organe und seines Arbeitsprogramms sowie eine Neuformulierung seiner Aufgabenstellung verlangte. Anläßlich der hierzu anberaumten Hearings stellten sich Industrie und Elektrizitätswerke einmal mehr hinter das längerfristige Programm des EIR. Wie schon seit Jahren, hielten die Kündigungen durch erstklassige Kaderleute aufgrund der anhaltenden Unsicherheit über die Zukunft des EIR jedoch an. Schließlich entschied sich 1971 auch der technische Direktor, unter den gegebenen Verhältnissen die Verantwortung nicht mehr länger zu tragen. Zu allem Überfluß mußte 1972 auch noch der wissenschaftliche Direktor krankheitshalber seine Arbeit aufgeben.

Abwanderungen

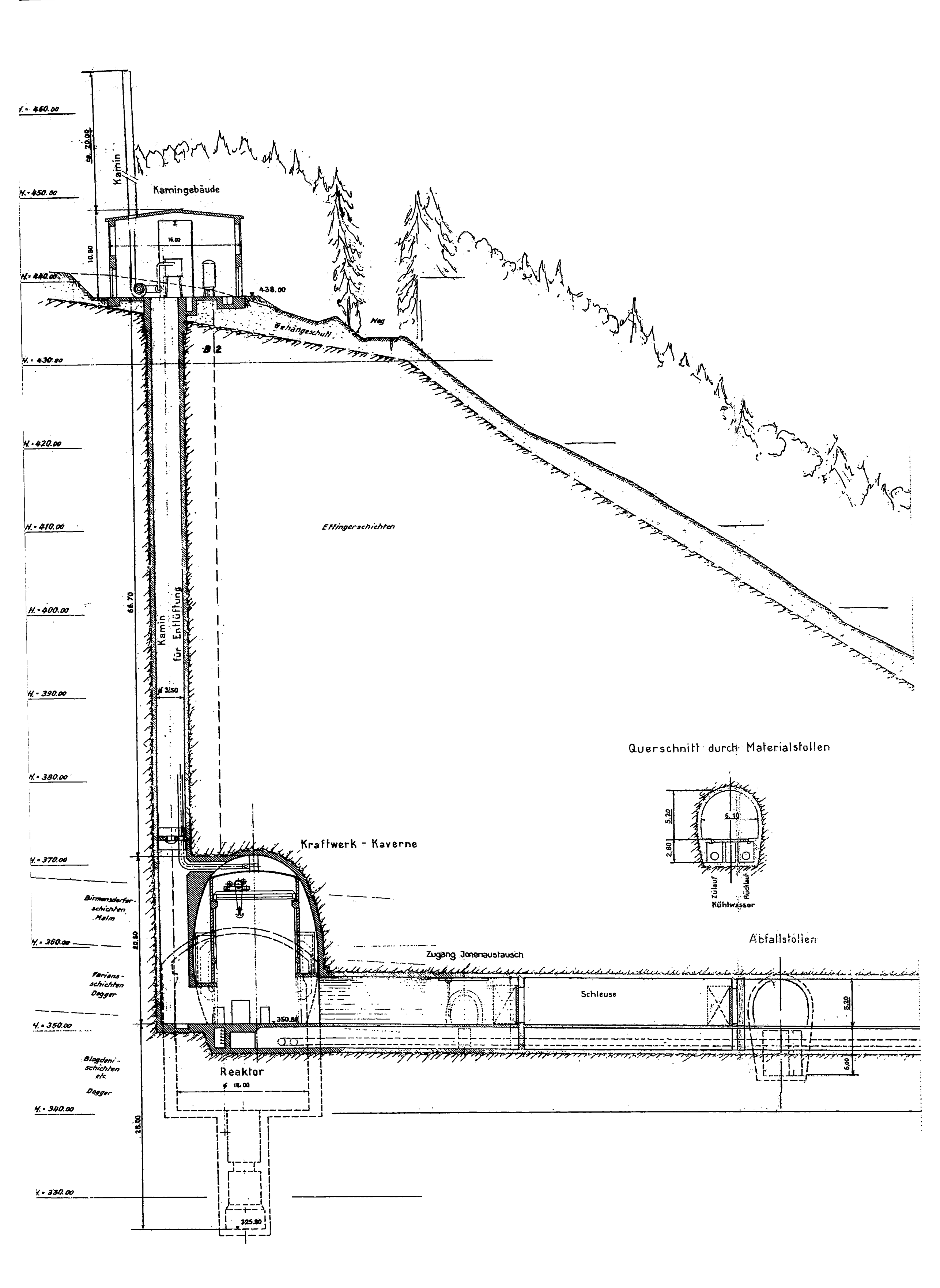
Erst eine Initiative des Schulrats löste intensive Bemühungen aller interessierten Kreise aus, wieder zu einer auf lange Frist tragfähigen Basis für die Arbeit des EIR zu kommen. Entscheidend erleichtert wurde diese Aufgabe dadurch, daß ab 1970 in wachsendem Maße die Elektrizitätswerke, die Sicherheitsbehörden und die Ingenieurbüros – zum Teil veranlaßt durch die Auseinandersetzungen um den Umweltschutz – Bedarf für die Mithilfe des EIR bei der Lösung ihrer Probleme im Bereich Kerntechnik anmeldeten und damit ein breites Spektrum neuer nationaler Aufgaben für das EIR sichtbar wurde.

Ab 1970 neue nationale Aufgaben

Der Bundesrat sah sich nun in der Lage, zunächst ein Übergangsprogramm zu genehmigen. Ferner beseitigten die Auflösung der Reaktor AG Ende 1970 und der damit verbundene Wegfall des Industrieausschusses Hindernisse, die der Reorganisation der äußeren Strukturen des EIR im Wege gestanden waren. Als weitere Folge der Auflösung der Reaktor AG mußte das EIR gesetzlich neu in der Organisation des Bundes verankert werden. Dies geschah durch die «Verordnung über die Organisation und den Betrieb des Eidg. Instituts für Reaktorforschung» vom 11. Oktober 1971. Nunmehr trat das Institut in einen neuen Abschnitt seiner Existenz ein. Er brachte eine Ausweitung der Arbeitsgebiete auf Forschungsthemen außerhalb der Kerntechnik, insbesondere auch auf die Solartechnik. In den 70er- und 80er-Jahren leitete Prof. Dr. Heini Gränicher von der ETH Zürich das Institut. 1988 schließlich wurde das EIR mit dem benachbarten SIN, dem Schweizerischen Institut für Nuklearforschung, zum Paul Scherrer Institut (PSI) zusammengelegt.

1970
Reaktor AG aufgelöst

1988
Fusion mit SIN zum PSI



H. = 460.00
H. = 450.00
H. = 440.00
H. = 430.00
H. = 420.00
H. = 410.00
H. = 400.00
H. = 390.00
H. = 380.00
H. = 370.00
H. = 360.00
H. = 350.00
H. = 340.00
H. = 330.00
Kamin
Kamingebäude
16.00
10.80
438.00
Gehängeschutt
Weg
B 2
Ettingerschichten
Kamin für Entlüftung
66.70
Querschnitt durch Materialstollen
5.20
6.10
2.80
Zulauf
Rücklauf
Kühlwasser
Kraftwerk - Kaverne
Birmensdorfer-schichten Malm
Varians-schichten Dogger
Blagdeni-schichten etc. Dogger
20.50
Zugang Jonenaustausch
Abfallstollen
Schleuse
350.80
Reaktor
16.00
6.00
28.00
325.80

7. Kapitel

Die Schweizer Reaktorlinie

Nach individuellem Vortasten einzelner Firmen wurden die Bemühungen der Industrie, eine eigenständige Schweizer Reaktorbaulinie zu entwickeln, 1955 mit der Gründung der Reaktor AG koordiniert. Doch statt der nötigen Vereinigung aller Kräfte prägten nebeneinander arbeitende Interessengruppen das Bild. Erst die Aussicht auf Bundeshilfe brachte 1961 eine Vereinigung der wichtigsten Kräfte zum Bau des Versuchsatomkraftwerks Lucens. Andauernde Finanzierungsprobleme sowie die Entscheidung der Elektrizitätswirtschaft für ausländische Reaktoren brachten jedoch Ende der 60er-Jahre das endgültige Scheitern der Bemühungen, die für einen Kleinstaat allzu ambitioniert gewesen waren.

Professoren pessimistisch

In der zweiten Hälfte des Jahres 1945 erhielten die Professoren Franz Tank und Bruno Bauer von der ETH Zürich vom Post- und Eisenbahndepartement des Bundes den Auftrag, über den allfälligen Nutzen der Kernenergie für die schweizerische Energiewirtschaft zu berichten. Sie kamen in ihrem Bericht zu dem Schluß, daß die Kernenergie in den nächsten 50 Jahren wohl keine grundlegende Umwälzung der Energieversorgung verursachen werde. Diese Ansicht vertraten offensichtlich auch die Verantwortlichen der Schweizer Elektrizitätswirtschaft, was das geringe Engagement dieser Kreise in den nächsten Jahren erklärt.

Industrie optimistisch

Ganz anders dagegen die Einstellung der exportorientierten Industrie, mit Dr. Walter Boveri, dem Präsidenten des Aufsichtsrats der Firma Brown Boveri & Cie. (BBC) als treibender Kraft: Die neue Technik sei durchaus mit der industriellen Basis der Schweiz vereinbar, sie entspreche nicht nur den Bedingungen des schweizerischen Kapitalmarkts, sondern auch dem Lieferprogramm der Maschinenfabriken. Zugleich aber zeigte ein Blick über die Grenzen, wie stark die Konkurrenz war, der man international gegenüberstand. Sie bestand aus Unternehmen, die vom jeweiligen Staat mit fast unlimitierten Forschungsetats voll finanziert wurden – für die föderalistisch organisierte Schweiz eine völlig fremde Situation!

Aufholbedarf

1946: Wissen aufholen ...

Der Schweizer Industrie stellten sich 1946 somit konkret zwei Aufgaben: Zum einen das Aufholen des Wissensrückstands gegenüber dem Ausland wie gegenüber den eigenen Hochschulen, zum zweiten Gewinnung des Bundes für eine koordinierte Anstrengung zwischen Hochschulforschung und Industrieentwicklung.

... und Bundeshilfe erlangen

Problem Nummer eins der Aufholjagd war der Mangel an Fachleuten in der Industrie. Man ersuchte deshalb den bestinformierten Wissenschaftler, Prof. Paul Scherrer, in den Hochschulinstituten junge Physiker auf Kosten der Industrie gezielt auf dem Gebiet der Atomenergie weiterzubilden. Zugleich gelangte die Industrie an den Bundesrat mit der Anregung, die Atomenergie mit Bundesmitteln zu fördern. Und bereits am 26. Juni 1946 schickte der Bundesrat den Entwurf eines Bundesbeschlusses betreffend Förderung der Forschung auf dem Gebiet der Atomenergie in die Vernehmlassung. Schon im Dezember 1946 war dieser Beschluß unter Dach und Fach. Damit standen der Ende 1945 vom Bund

gebildeten Studienkommission für Atomenergie (SKA), die sich aus Vertretern von Hochschulen, Industrie und Bund zusammensetzte, finanzielle Mittel des Bundes für die Atomforschung zur Verfügung.

SKA-Mittel

Die Industrie selbst nahm ebenfalls 1946 gezielte Entwicklungsarbeiten auf, beispielsweise die Gebr. Sulzer AG und BBC, deren neues Programm auf dem Gebiet der Atomtechnik Walter Boveri öffentlich verkündete: Teilchenbeschleuniger wie Cyclotron, Tensator und Betatron seien nun feste Bestandteile des Lieferprogramms, doch bis zur erfolgreichen Tätigkeit mit krafterzeugenden Atomenergiemaschinen werde noch ein langer und mühsamer Weg zurückzulegen sein. *«Einstieg über die traditionellen Produkte»* war die Devise.

Industrieprodukte: Beschleuniger

Es folgten Jahre des Sichvortastens. In allen Industriebereichen formierten sich lose Studiengruppen, die sich mit den via Hochschulen langsam hereintröpfelnden Erkenntnissen auseinandersetzten.

Diese individualistische Entwicklung in den einzelnen Firmen und Branchen entsprach zwar der schweizerischen Industrietradition. Um international konkurrenzfähig zu werden, bedurfte es jedoch – angesichts der gewaltigen, koordinierten Anstrengungen anderer Länder und ihrer Industrien – einer Vereinigung der Kräfte. Zusammenarbeit aber verlangte ein gehöriges Maß an Umdenken in der Schweizer Industrie. Immerhin war den Verantwortlichen in den Unternehmen klar, daß nur schnelles und unbürokratisches Handeln genügend rasch und mit tragbaren finanziellen Lasten zum angestrebten Ziel führen konnte.

Umdenken für Zusammenarbeit

Als ersten Schritt taten sich 1948 die Geschäftsleitungen von BBC, Sulzer und Escher-Wyss zur «Industriekommission Kernenergie» zusammen, um ihre Anstrengungen zu koordinieren.

Als zweiten Schritt schuf man im Februar 1949 ein breiteres, aber loses Gesprächsforum mit dem Zweck, Erkenntnisse und Resultate zu diskutieren, aber auch Arbeitsprogramme untereinander abzustimmen. Hier berichteten z.B. Professoren der Hochschulen als Gäste über Neuentwicklungen im In- und Ausland, war es doch den akademischen Wissenschaftlern vorbehalten, mit Bundesunterstützung Kontakte zu ausländischen Forschungszentren und Forschern zu pflegen.

Gesprächs- und Informationsforum

So gab im Juni 1951 Prof. Peter Preiswerk Einblick in die Planung eines großen Beschleunigers, den die UNESCO in der Nähe von Genf bauen wollte, und im Juli berichtete Dr. Walter Hälg von der Universität Basel über die Arbeitsgemeinschaft Holland-Norwegen, die noch im selben Jahr einen eigenen Reaktor in Betrieb nehmen werde. Als dann im September 1951

Prof. Paul Scherrer von der berechtigten Hoffnung Mitteilung machte, erstmals Uran und Graphit in Reaktorqualität erwerben zu können, war endgültig das Signal zur konkreten Bildung der «Studiengruppe Kernenergie» gegeben, einer zunächst weiterhin losen Gruppierung von Fachleuten der Firmen BBC, Sulzer und Escher-Wyss.

Studiengruppe Kernenergie ...

Richtung Schwerwasserreaktor

Die Studiengruppe stand unter der Leitung von J. Lalive d'Epinay, BBC, und spezifizierte nun das Projekt SK C 795, einen mit gasförmigem Kohlendioxid gekühlten und mit Graphit moderierten Leistungsreaktor von zehn Megawatt Wärmeleistung. Prof. André Houriet aus Genf betreute die physikalische Auslegung, Dr. Walter Traupel und Dr. Rudolf Meier von Sulzer berechneten die Thermodynamik, während Dr. Otto Frey von BBC die Konstruktion koordinierte. Bei Durchsicht der grundlegenden Detailarbeiten findet man bereits die Namen der später führenden Leute wie Zünti, Alder, Hälg und Rometsch.

... plant gasgekühlten Reaktor

Zur selben Zeit diskutierte die SKA den Bau eines Versuchsmeilers bei Prof. Paul Huber in Basel. Hier hatte Prof. Werner Kuhn – als Teil seiner Arbeiten über Isotopentrennung – schon seit 1942 intensiv am Problem der Schwerwasserherstellung gearbeitet. Unterstützt wurde dieser Forschungszweig von der chemischen Industrie und von Sulzer. Bei der Bildung der Industriekommission Kernenergie wurden daher auch die vier Großen der Basler Chemie – Ciba, Geigy, Sandoz und Hoffmann-LaRoche – zur Teilnahme eingeladen, die Reaktion war indes weitgehend negativ: Man betrachte sich als Energiekonsumenten, was ein Interesse an der Energieproduktion ausschloß. Immerhin übernahm Ciba eine Beobachterfunktion, indem sie Dr. Rudolf Rometsch bei der Studienkommission mitarbeiten ließ.

Versuchsmeiler in Basel?

Schon gegen Ende 1951 mußte Prof. Scherrer die Hoffnung auf die in Aussicht gestellte Lieferung von Uran und Graphit enttäuschen. Damit erhielt Schwerwasser als Moderator wieder Vorrang. Obwohl man verschiedener Ansicht über die günstigste Methode war (die Holzverzuckerungs AG Ems ebenso wie die Lonza Chippis studierten die Produktionsaufnahme), erachtete man die Herstellung von Schwerwasser in der Schweiz als grundsätzlich lösbar.

Schwerwasser favorisiert

1952 brachte die Klärung in bezug auf die zu verfolgenden Reaktortypen, denn im Juli jenes Jahres beschloß die SKA, den Bau eines schwerwassermoderierten Reaktors mit Hilfe von

Bundesforschungsgeldern voranzutreiben. Dies war ganz im Sinne der Industrie. Deshalb ist als Rückzugsgefecht zu werten, was zu jenem Zeitpunkt von den verschiedenen Firmen über ihre eigenen Projektvarianten berichtet wurde.

Heliumkühlung ?

Nun stellte sich die Frage nach dem genauen Reaktorkonzept. Die Escher-Wyss z.B. stellte ihre Studie eines Hochtemperaturreaktors mit geschlossenem Heliumkreislauf und Ackeret-Keller-Turbine vor. Diese technisch bestechende Idee erschien den Verantwortlichen der Industriekommission aber allzu avantgardistisch. Um die Jahresmitte 1952 erhielt die Studiengruppe Kernenergie den Auftrag, ein neues Schwerwasserprojekt P3 auszuarbeiten. Die beiden schon früher erstellten Schwerwasserprojekte P1 und P2 wurden den neuen Erkenntnissen – vor allem lagen neue kernphysikalische Daten vor – angepaßt. P3 sollte ein Experimental- und Materialprüfreaktor mit einigen heißen Versuchskanälen werden. Um eine geeignete organisatorische Struktur zu schaffen, bildete man – unter Beibehaltung der Mitarbeiter – die Studiengruppe zur «Arbeitsgemeinschaft Kernreaktor» (AKR) um.

AKR projektiert Versuchsreaktor

Bereits am 9. April 1953 präsentierte die AKR der Industriekommission ein vollständiges Projekt P3 einschließlich Kostenschätzung. Dies war in so kurzer Zeit möglich, weil nun auch die Ingenieurfirmen Elektrowatt und Motor-Columbus ihr Wissen zur Verfügung stellten. Zudem hatte die AKR von freundschaftlichen Kontakten zum norwegisch-holländischen Projekt sowie zur französischen Atomenergie-Kommission profitiert.

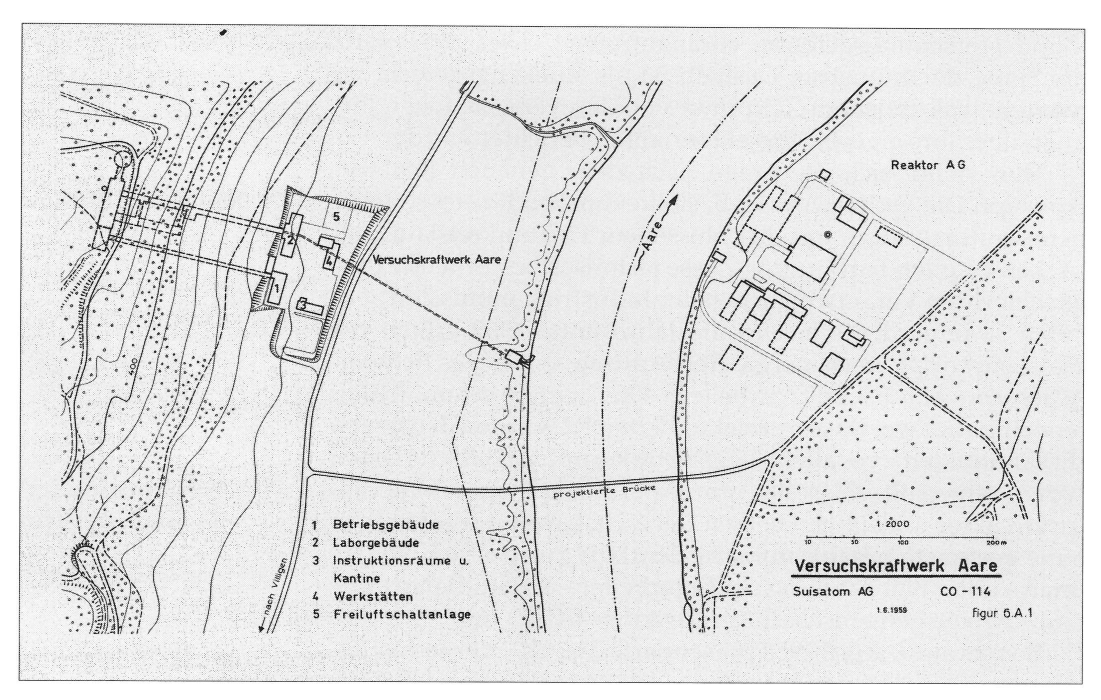
BBC mäßig interessiert

Das Produktionsprogramm der einzelnen Firmen gab deren Wege in verschiedene Richtungen vor. So war für die mit Turbinen und Generatoren fest etablierte BBC der Kernreaktor nur einer von verschiedenen Energielieferanten: Für Turbinen und Generatoren ist es im Prinzip gleich, ob der Dampf mit Öl, Kohle oder Uran erzeugt wird. Folglich war BBC am Reaktorbau eindeutig weniger interessiert als Sulzer.

Sulzer plant eigene Reaktoren

Für Sulzer hingegen konkurrenzierte die Kernenergie direkt die damaligen Hauptprodukte, nämlich Schiffsdieselmotoren und Dampfkraftwerke (der erste Leistungsreaktor war ja ein amerikanischer Leichtwasserreaktor zum Antrieb des Unterseeboots Nautilus). Zudem hatte Sulzer einiges in die Entwicklung der Schwerwassererzeugung investiert, so daß keine großen Freiheitsgrade mehr für die Zukunftsplanung bestanden. Daher fiel in Winterthur der Beschluß, eigene Reaktoranlagen der Schwerwasserlinie zu planen und zu fertigen.

Die P3-Vorstellung, ferner ein vielbeachteter Vortrag Dr. Arthur Winigers von Elektrowatt über die «Bedeutung der



1957 von Elektrizitätswerken gegründet, plante die Suisatom das 20-Megawatt-«Versuchskraftwerk Aare»: Mit einem amerikanischen Siedewasserreaktor ausgerüstet, sollte es in Villigen gebaut werden, gerade gegenüber dem Gelände der Reaktor AG in Würenlingen.

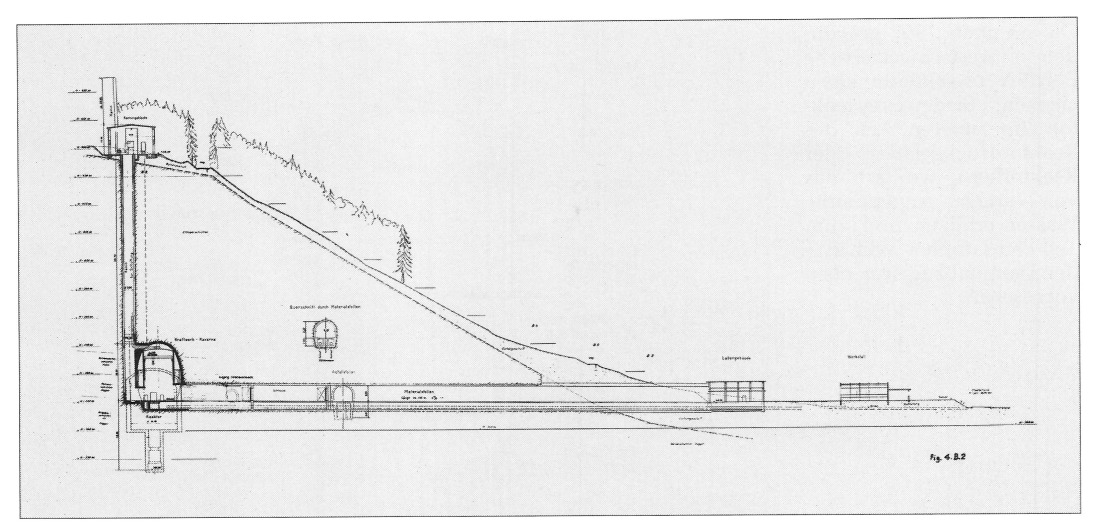
Atomspaltung für die Energieversorgung der Zukunft» an der Generalversammlung des schweizerischen Energiekonsumentenverbands im März 1954, aber auch der unermüdliche Einsatz von Walter Boveri auf der politischen Bühne veranlaßten nunmehr breitere Industriekreise, in die Kerntechnik einzusteigen. Landis & Gyr beispielsweise gründete eine Abteilung für Strahlenmeßtechnik, und eine Reihe von Firmen übernahm einschlägige Lizenzen oder Verkaufsvertretungen ausländischer Lieferanten.

1955: Reaktor AG

Die Idee, eine übergeordnete umfassende Organisation der Schweizer kerntechnischen Industrie und interessierter Wirtschaftskreise zu schaffen, traf daher auf offene Türen. Am 1. März 1955 vereinigten sich 80 Firmen der Industrie, 44 Firmen aus Handel- und Finanzwirtschaft und 45 Elektrizitätswerksgesellschaften zur Reaktor AG (s. 2. und 6. Kapitel).

Industrie, Handel, Banken und E-Werke

Für die am Reaktorbau interessierten Unternehmen war dies ein wichtiger Schritt in Richtung ihres Zieles, nämlich Planung, Bau und Lieferung von Leistungsreaktoren, um die bereits bestens eingeführten schweizerischen Produkte im Sektor Kraftwerkausrüstung zu ergänzen oder abzulösen. Die zukünftige Hilfe der Reaktor AG in allen Fragen der eigentlichen



Reaktor und Maschinenhaus des «Versuchskraftwerks Aare» sollten in einer Kaverne untergebracht werden, die übrigen Anlagen im Freien am Ufer der Aare. Für die Entlüftung der Kaverne war ein Schacht geplant.

Kerntechnologie sollte allen Beteiligten das neue Know-how sowie die Referenzen für die kommenden Geschäfte verschaffen und den einzelnen Firmen große Investitionen in Forschung und Entwicklung ersparen.

Nun war zwar eine Basis für die konkrete Realisation vor allem des Projektes P3 gelegt, zumal sich der Bund mit fünf Millionen Franken an Planung und Betrieb dieses Forschungs- und Materialprüfreaktors beteiligte. Je nach Interessenlage sahen jedoch einzelne Branchen und individuelle Firmen die neuen Perspektiven in einem anderen Licht. Die traditionell auf Export von Kraftwerksausrüstungen ausgerichtete Maschinen- und Apparate-Industrie sah sich unter Zugzwang. Sie wollte und mußte reagieren, waren doch die Voraussetzungen für eine Tätigkeit im Kernenergiesektor als sehr gut zu werten: Maschinenpark und Qualitätsstandard entsprachen den hohen Anforderungen der Kerntechnik, der Standort Schweiz erschien vorteilhaft bezüglich Finanzierung und politischer Unabhängigkeit, die ungünstige geographische Lage der schweizerischen Produktionsstätten würde angesichts der Kapitalintensität kerntechnischer Anlagen kaum ein Nachteil sein.

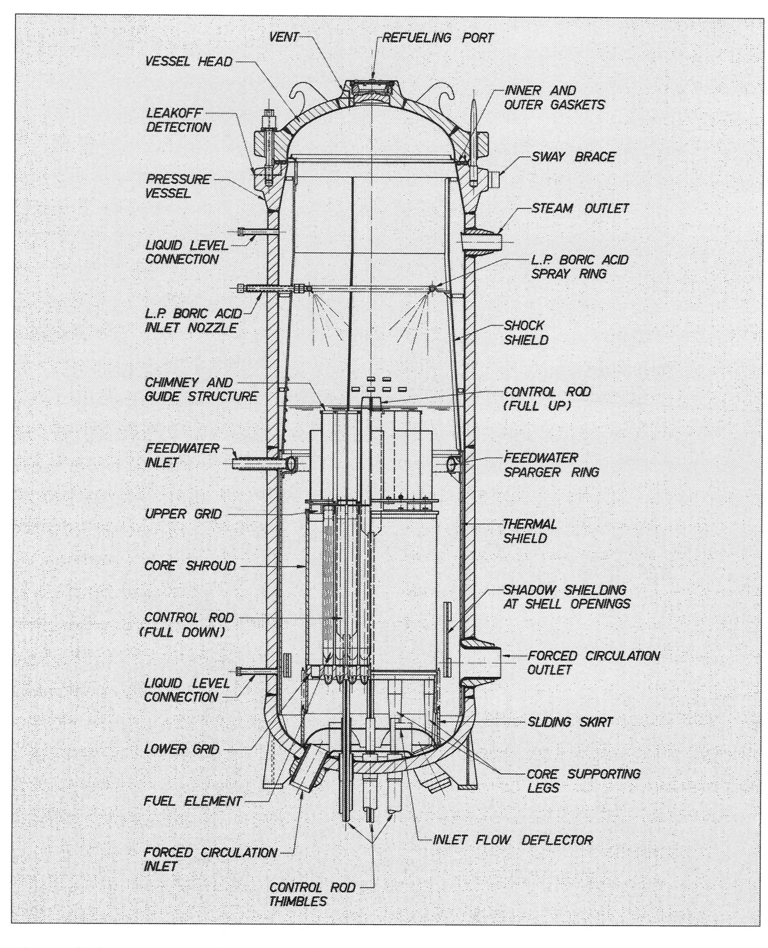
Gute Voraussetzungen

1957: Suisatom und ENUSA

Die Grundhaltung der Elektrizitätswirtschaft war nach wie vor auf Abwarten ausgerichtet. Als aber in den Jahren 1955 und 1956 äußere Umstände wie die Suezkrise – als Warnzeichen für die Verletzbarkeit der Ölversorgung – und Wassermangel in den Schweizer Flüssen und Stauseen die Grenzen der traditionellen Stromversorgung sichtbar werden ließen, begann sich

E-Werk-Interesse nimmt zu

Die ebenfalls 1957 gegründete westschweizerische ENUSA projektierte einen eigenen Siedewasserreaktor: Im unteren Teil des Reaktordruckgefäßes der Reaktorkern, wo sich das von unten eingepumpte Wasser erhitzen und zum Teil verdampfen würde – der Dampfabzug war oben vorgesehen.



die Elektrizitätswirtschaft konkret mit dem Einsatz der Kernkraft zu befassen. In dieser Situation brachte Prof. Bruno Bauer einen Zusammenschluß von Aare-Tessin-AG (ATEL), Nordostschweizerische Kraftwerke AG (NOK), Bernische Kraftwerke AG (BKW) und Energie de l'Ouest Suisse (EOS) zum Zwecke der gemeinsamen Verfolgungen der Möglichkeiten der Kernenergie zustande – im Juni 1957 gründeten sie die Suisatom. Ihr schlossen sich später auch die Schweizer Bundesbahnen (SBB), die Centralschweizerische Kraftwerke AG (CKW) und Elektrowatt an.

1957: Suisatom, ...

Die Suisatom verfolgte den Plan, einen amerikanischen Siedewasserreaktor von General Electric mit 64 Megawatt Wärme- und 20 Megawatt elektrischer Leistung zu kaufen. BBC schloß sich diesem Projekt als möglicher Lieferant der Turbogenerator-Anlage an. Als Standort wurde – in unmittelbarer Nachbarschaft zum Gelände der Reaktor AG in Würenlingen – Villigen an der Aare bezeichnet.

... plant Siedewasserreaktor

In der Zwischenzeit zeitigten aber auch die mit den USA abgeschlossenen Verträge über den Kauf des Reaktors SAPHIR durch den Bund (der ihn der Reaktor AG leihweise überließ) Wirkung dergestalt, daß amerikanische Firmen in der Schweiz eine günstige Basis für ihre Aktivitäten bezüglich eines Exports ihrer Kernenergieprodukte nach Europa sahen. Die in Frage kommenden Partner waren nicht nur die potentiellen Kunden, die Elektrizitätsproduzenten, sondern auch Lieferanten für konventionelle Kraftwerkausrüstungen wie BBC sowie Firmen in der welschen Schweiz.

US-Firmen suchen europäische Basis

In diesem Umfeld gründeten im Juli 1957, also einen Monat nach Entstehen der Suisatom, westschweizerische Industriefirmen und Elektrizitätsunternehmen, denen sich Kantone und Gemeinden der Westschweiz anschlossen, die «Energie Nucléaire S.A.» (ENUSA, s. 8. Kapitel). Ihr Ziel war es, einen Versuchs-Leistungsreaktor zu bauen, während das deutschschweizerische Projekt P3 der Reaktor AG einen Materialprüfreaktor zum Gegenstand hatte. Die ENUSA wollte eine eigenständige Variante des Siedewasserreaktors entwickeln und plante eine Anlage mit 20 Megawatt Wärme- und 5 Megawatt elektrischer Leistung. Als Standort wählte man die Gemeinde Lucens, wo eine Kaverne angelegt werden sollte.

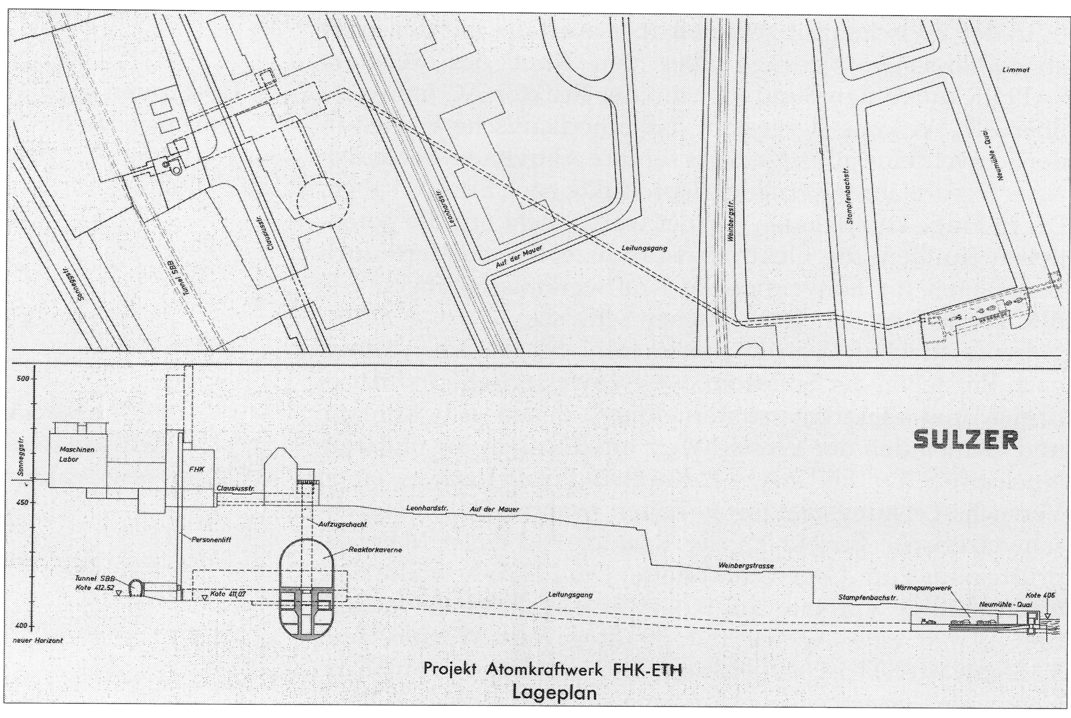
1957: ENUSA will eigenen Siedewasserreaktor

Das Konsortium «Heizkraftwerk ETH»

Und plötzlich trat noch eine vierte Organisation neben Reaktor AG, ENUSA und Suisatom auf den Plan: Im «Konsortium für den Bau eines Versuchsatomkraftwerks» wollten die Firmen Elektrowatt AG, Escher Wyss AG, Maschinenfabrik Oerlikon AG (MFO), Züblin AG, Contraves, Landis & Gyr zusammen mit Sulzer ein nukleares Heizkraftwerk an der Eidg. Technischen Hochschule Zürich (ETHZ) planen, das ETHZ-Prof. Bauer vorgeschlagen hatte. Ende 1958 machte dieses Konsortium eine Eingabe an den Bundesrat, um für diesen Plan Bundeshilfe zu erhalten. In der Einleitung wurde festgehalten, daß es der Industrie nicht leicht falle, den Bund um Unterstützung für die Erfüllung einer Aufgabe zu ersuchen, die unter normalen Verhältnissen von der Privatwirtschaft allein gelöst werden müßte. Das Vorgehen sei jedoch gerechtfertigt, wenn man die Rolle des Staates im Ausland und den Rückstand der Schweiz bedenke. Ferner erscheine ein nukleares Heizkraftwerk mit Standort Zürich besonders geeignet, der Diskussion um alle künftigen Standorte von Kernkraftwerken die Spitze zu brechen. Mit dem Baubeginn könne und wolle man nicht lange zuwarten, damit die Aufstellung eines Reaktors in einer

Heizreaktor unter ETH Zürich ?

Bundeshilfe gesucht



Der 1958 projektierte Heizreaktor (Kreis im oberen Bild) mit dem Maschinenhaus (Rechteck im oberen Bild) sollte rund 40 Meter tief unter dem Westgelände der ETH Zürich plaziert werden. Zur Kühlung war ein Leitungsgang zum Neumühlenquai an der Limmat vorgesehen.

Kaverne mitten in Zürich nicht durch ein langwieriges Genehmigungsverfahren verzögert würde.

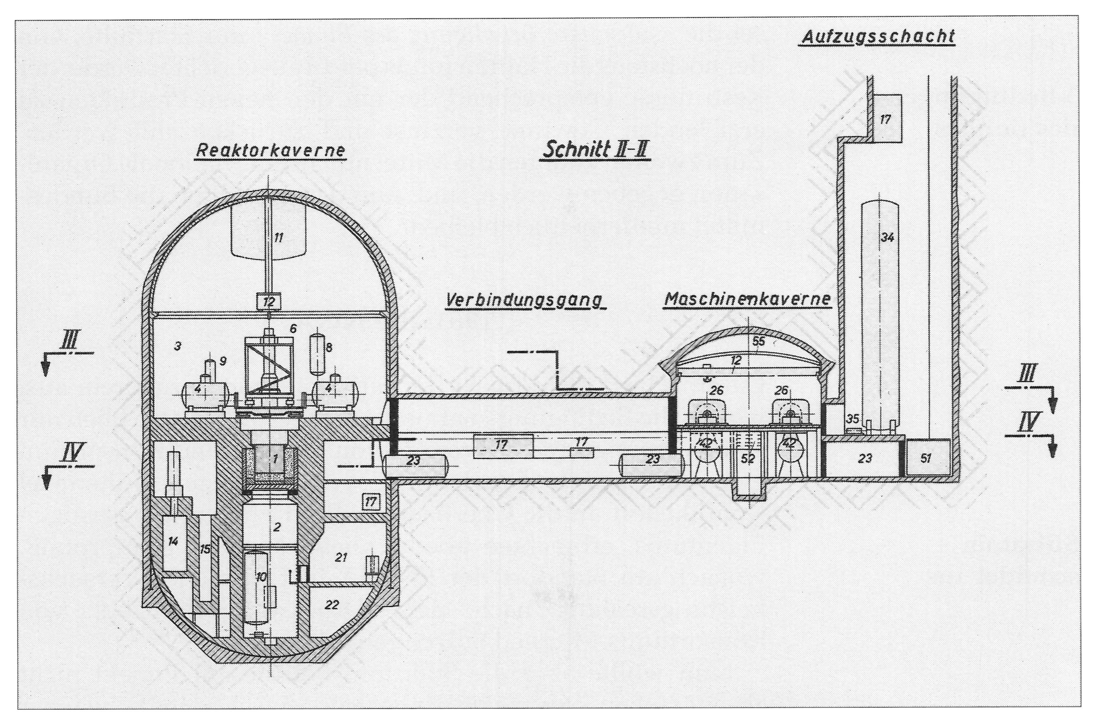
Eine Ungereimtheit an dieser Eingabe war, daß darin auch BBC als Partner des Konsortiums aufscheint, obschon die Firma ja am Projekt der Suisatom mitmachte.

Tatsächlich ist die eigentliche Gründung des Konsortiums nicht aktenkundig, und offenbar wurde es eigens für diese Eingabe vereinbart, um Geschlossenheit der Industrie zu zeigen. In Tat und Wahrheit gingen verschiedene Firmen angesichts der schon aufgelaufenen Kosten von acht Millionen Franken über die Bücher. Glaubten seine Mitglieder an das Konsortium als risikoteilenden, privatwirtschaftlichen Zusammenschluß der Firmen oder wollten sie angesichts der ausländischen Vorbilder das ganze Risiko auf den Bund schieben?

Sinnlose Konkurrenz

Exportaufträge

Zweifelsohne standen Ende 1958 grundlegende Fragezeichen hinter dem atomtechnischen Engagement der Schweizer Wirtschaft. Zwar ließen erste namhafte Exportaufträge – z.B. an Sulzer für die Gebläse der französischen gasgekühlten Reaktoren – die Industrie etwas hoffnungsvoller in die Zukunft blicken. Konnte sie sich aber einen Tanz auf drei Hochzeiten,



ETH-Heizreaktor: Der eigentliche Reaktor (1), mit Schwerwasser gekühlt und mit Natururan betrieben, sollte im Zentrum der rund 40 Meter hohen Kaverne stehen. Eine zweite Kaverne war für Turbinen und Generatoren gedacht.

nämlich drei unterschiedliche Atomkraftwerk-Projekten, leisten? Da war die Suisatom als Zusammenschluß der bedeutendsten und kapitalkräftigsten deutschschweizerischen Elektrizitätswerke und der Schweizer Bundesbahn – mit dem Projekt eines Versuchskraftwerks mit amerikanischem Siedewasserreaktor. Ferner gab es die ENUSA, den Zusammenschluß von Westschweizer Elektrizitätsgesellschaften, Industriefirmen, Städten und Kantonen – mit dem Projekt eines einheimischen Siedewasserreaktors. Und schließlich bestand das aus der Firma Sulzer und mehreren Ingenieurunternehmen gebildete «Konsortium für den Bau eines Versuchsatomkraftwerks» mit dem Projekt des ETH-Heizreaktors. Die vierte Organisation, die Reaktor AG, an der sowohl Industrie wie Elektrizitätsgesellschaften, Handels- und Finanzwirtschaft teilhatten, verfolgte ja mit dem Forschungszentrum und dem Projekt des selbst entwickelten Testreaktors «P3» in Würenlingen andere Ziele.

Alle suchen Bundeshilfe

Anfang 1959 ergab sich die Situation, daß beim Bund Subventionsgesuche für die Projekte der ENUSA, der Suisatom und des Konsortiums vorlagen. Da die Mittel, welche die Bundesbehörden zur Verfügung stellen konnten (s. 4. und 5. Kapitel) jedoch beschränkt waren, knüpfte der Bund seine Unterstützung an drei Bedingungen, um die Bewerber zur Konzentration auf ein einziges Projekt zu zwingen. Zum ersten

sei die *«subsidiäre Beteiligung des Bundes»* nur Starthilfe, von der höchstens die Hälfte à fonds perdu ausgerichtet werde, der Rest müsse entsprechend der mit den neuen Produkten zu erzielenden Gewinne verzinst und zurückbezahlt werden. Zum zweiten könnten die Mittel nur an eine nationale Organisation gegeben werden, und zum dritten sollten die Bundesmittel minderheitlich bleiben.

3 Bedingungen des Bundes

1961: die NGA

Damit schied das Projekt der Suisatom von vornherein aus, weil es die Bedingung «national» nicht erfüllte. Also blieb nur einer Vereinigung der Projekte von ENUSA und Konsortium eine reelle Chance. Die Einigungsverhandlungen spülten viel Konfliktstoff an die Oberfläche, z.B. in Fragen des geistigen Eigentums, erbrachten aber schließlich einen Kompromiß, wonach am Standort der ENUSA in Lucens ein Versuchs-Leistungsreaktor nach dem Druckröhren-Konzept von Konsortiums-Mitglied Sulzer gebaut werde.

Suisatom scheidet aus

Nun wollte aber die Suisatom bei diesem Projekt nicht abseits stehen, sofern sich die gesamte einschlägige Schweizer Industrie daran beteiligen würde. Bestrebungen mit dem Ziel eines solchen Zusammenschlusses waren schon seit einiger Zeit mit Intensität verfolgt worden. Im März 1960 mündeten sie in der Gründung der Therm-Atom AG durch 22 Industrieunternehmen aus der ganzen Schweiz. BBC beteiligte sich allerdings nicht, weil sie ihr Interesse an der Entwicklung eines Hochtemperaturreaktors in Deutschland einer schweizerischen Entwicklung voranstellte. Gemäß ihren Statuten bezweckte die Therm-Atom die Entwicklung, den Bau und den Vertrieb von Reaktoranlagen und Atomkraftwerken schweizerischer Konstruktion

1960: Therm-Atom AG

Als im Januar 1960 der Bundesrat in seiner lange erwarteten Botschaft über die Förderung des Baus und Experimentalbetriebs von Versuchsleistungsreaktoren einen Maximalbeitrag von 50 Millionen Franken für das Lucens-Projekt zugesagt hatte, begann innerhalb der industriellen Interessengruppen ein Seilziehen um die von ihnen selbst aufzubringenden 50 bis 60 Millionen Franken, aber auch um Lieferanteile und Einfluß. Erst gegen Ende 1960 einigten sich dann Suisatom, ENUSA und Therm-Atom darauf, die Nationale Gesellschaft zur Förderung der industriellen Atomtechnik (NGA) zu gründen. Die an der ENUSA beteiligten Industriefirmen der welschen Regionen konnten sich namhafte Komponentengruppen am Bau des Konsortiumsreaktors einhandeln, indem

Zusammenschluß zur NGA

sie sich Therm-Atom AG anschlossen. Naheliegend wäre es gewesen, daß ENUSA die Bauführung übernommen hätte. Da war aber noch die Suisatom am Projekt zu beteiligen, weshalb ihr Mitglied Elektrowatt AG diese Aufgabe übertragen erhielt.

Wichtige Hilfsprojekte wurden der Reaktor AG zugedacht, deren Anlagen in Würenlingen der Bund am 1. Mai 1960 übernahm und zum Eidg. Institut für Reaktorforschung (EIR), einer Annexanstalt der ETH, umwandelte. Durch ihre Delegierten in der Beratenden Kommission und im Industrieausschuß des EIR sicherte sich die Industrie aber weiterhin die Wahrung ihrer Interessen, ebenso durch die Wahl von Dr. Werner Zünti, vordem BBC-Mitarbeiter, und Dr. Andreas F. Fritzsche, zuvor bei der Gebr. Sulzer AG, zu geschäftsleitenden Direktoren des EIR.

Hilfsprojekte beim EIR

Tatsächlich gegründet wurde die NGA erst am 18. Juli 1961. Präsident wurde Altbundesrat Dr. Hans Streuli, und im Verwaltungsrat saßen je zwei Vertreter von Suisatom, ENUSA und Therm-Atom. Innerhalb der NGA versah eine Technische Kommission (TK) unter Leitung von ETHZ-Professor Bauer Aufsichts-, Beratungs- und Entscheidungsfunktionen. Sie war sich darüber einig, daß sich die NGA nicht nur mit Lucens befassen durfte, sondern daß sie diese Reaktorlinie auch zu einem eigentlichen konkurrenzfähigen Leistungsreaktor weiterentwickeln mußte – folglich wurde auch eine Kommission für Entwicklungsstudien (EK) eingesetzt.

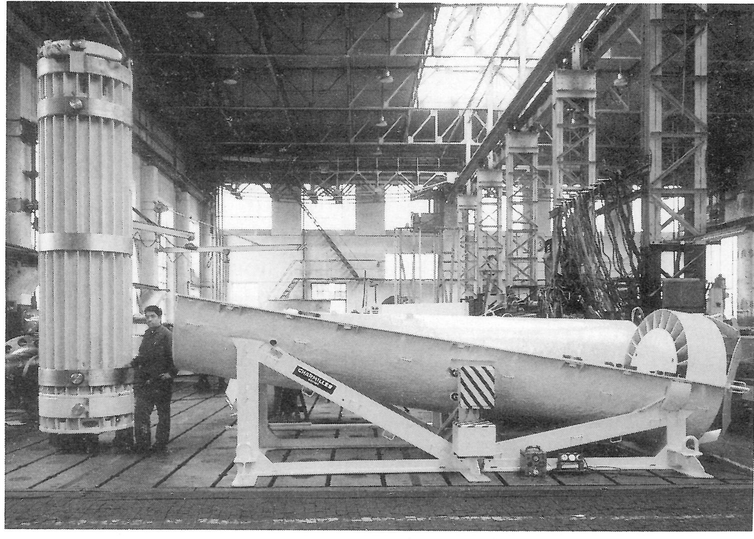
NGA: nicht nur Lucens

Das erste Budget der NGA von 70 Millionen Franken basierte auf den aktuellsten Kostenschätzungen, doch war sie sich darüber im klaren, daß verschiedene Posten große Unsicherheiten aufwiesen. Auch hatte die EK noch kein Programm erstellt, zudem fehlten die Offerten für die Erstladung des Lucens-Reaktors mit Brennstoff sowie die bei der «Arbeitsgemeinschaft Lucens» (AGL) zu erwartenden Erprobungs- und Entwicklungskosten. Die NGA war daher weiterhin bemüht, z.B. von der Chemie-Industrie weitere Finanzierungsbeiträge zu erhalten. Mit Erfolg, denn an der ersten ordentlichen Generalversammlung am 26. Juni 1962 konnte eine Reihe neuer Aktionäre aufgenommen werden: Banken, Versicherungen, Bauunternehmen etc. – aber auch BBC machte endlich mit und entsandte Dr. Rudolf Sontheim in den Verwaltungsrat.

Breite finanzielle Abstützung

Die ersten Industrieerfolge

Die folgenden Jahre brachten der Schweizer Industrie eine Reihe von Aufträgen für kerntechnische Anlagen. Ein großer



Die Genfer Firma Charmilles faßte im internationalen Kerntechnik-Markt mit Einrichtungen zur Handhabung von Reaktorbrennelementen Fuß, z.B. mit solchen bleiabgeschirmten Behältern für den Straßentransport.

Teil davon betraf allerdings konventionelle Technik wie Turbinen, Generatoren und Pumpen, die jedoch den speziellen Gegebenheiten der Kerntechnik angepaßt werden mußten.

Industrie setzt auf konventionell

Eigentliche neue Industriezweige der Kerntechnik, wie die Fertigung von Brennelementen, Regelstäben oder die Wiederaufarbeitung von gebrauchten Brennelementen wurden zwar studiert, doch war die schweizerische Industrie nicht bereit, sich in derart kapitalintensives und risikoreiches Neuland vorzuwagen.

Sulzer, Sécheron, Charmilles

Bei Sulzer z.B. wurden aus der konventionellen Dampfkesseltechnik mit Erfolg Hochtemperatur-Dampferzeuger für die französischen gasgekühlten Reaktoren entwickelt. Eine in Winterthur eigens für den Lucens-Reaktor geschaffene Bearbeitungstechnik für Zirkonlegierungen hingegen erlangte keinerlei kommerzielle Bedeutung. Die Firmen Charmilles und Sécheron in Genf, die 1960 den Auftrag zur Lieferung der Brennelement-Lademaschine des DRAGON-Hochtemperatur-Reaktors im englischen Winfrith erhalten hatten, bauten später die Handhabungseinrichtungen für den Brennstoff von Lucens (Charmilles lieferte bis Anfang der 80er-Jahre solche Anlagen für Druck- und Siedewasserreaktoren in der Schweiz, in Belgien, Frankreich, Schweden und Spanien).

Kleine Firmen

Eine große Zahl kleiner Firmen profilierten sich auf dem internationalen Markt mit Produkten wie Pumpen oder Ventilen, deren Qualität namentlich auf den Erfahrungen mit der Schwerwassertechnologie im EIR und in Lucens beruhte.

Auf dem Gebiet der Urananreicherung beteiligte sich Sulzer an der Gebläseentwicklung für die Diffusionsanlagen in Frankreich. Hingegen lehnten BBC wie Sulzer die Entwick-



Sécheron in Genf baute, in Zusammenarbeit mit Charmilles, u.a. Brennelement-Lademaschinen. Im Bild eine Demonstration mit einem Probeelement für den Hochtemperatur-Reaktor DRAGON der OECE; links vom Element alt-Bundesrat Streuli.

lung der Ultrazentrifuge für die Urananreicherung trotz sehr guter technischer Voraussetzung mit dem Hinweis ab, daß der Markt auf diesem Gebiet nicht frei sei, sondern von internationalen und politischen Gegebenheiten abhänge.

erfolgreiche Ingenieurfirmen

Schweizerische Ingenieurunternehmen wie Bonnard & Gardel, Elektrowatt, Motor Columbus, Suisselektra und die Société Générale de l'Industrie (SGI) wurden gute Adressen für technische und ökonomische Beurteilungen von Reaktorprojekten in der ganzen Welt.

Trotz all dieser Erfolge mehrten sich in der Wirtschaft die Zweifel, ob die Kerntechnik zu einem tragenden Geschäft werden könne. Als Folge dieser Stimmung stieß die Finanzierung der Versuche und Studien, welche die Kommission für

E-Werke orientieren sich nach USA

Entwicklungsstudien (EK) der NGA mit dem Ziel eines konkurrenzfähigen schweizerischen Reaktors betrieb, zunehmend auf Schwierigkeiten (s. 6. Kapitel). Es blieb nicht verborgen, daß die Elektrizitätswerke Fühler zu amerikanischen Reaktorbaufirmen ausstreckten, die ihrerseits alles daran setzten, mit ihren Leichtwasserreaktoren in Europa Fuß zu fassen.

Das Auseinanderdriften

1964: NOK bestellt amerikanischen Druckwasserreaktor

Die Elektrizitätsgesellschaften standen der schweizerischen Reaktorentwicklung reserviert gegenüber, zumal diese der Lage auf dem Weltmarkt weit hinterher hinkte. Die hier angebotenen Anlagen wurden immer größer, die Kosten der Kilowattstunde daher immer geringer. Als dann noch im Laufe des Jahres 1964 die Nordostschweizerische Kraftwerke AG (NOK) ihre Absicht durchsickern ließ, das Atomkraftwerk Beznau mit einem amerikanischen Reaktor zu bauen, war man in der Industrie tief betroffen. Man glaubte aber immer noch, die Chance für die Eigenentwicklung wahren zu können, weil die Elektrizitätswirtschaft der Schweizer Industrie durchaus einen Heim-Bonus zugestand. Die Würfel fielen eigentlich schon im Februar 1964, als die NOK den Preis des von ihr bestellten Westinghouse-Druckwasserreaktors nannte: Er lag (weil die Amerikaner eben stark an einer ersten europäischen Referenzanlage interessiert waren) weit unter dem, was man auch bei optimistischer Schätzung für die Eigenentwicklung erwarten konnte.

Industrie: Ausstieg oder Neuausrichtung

Die Konsequenzen für die schweizerische Wirtschaft, speziell für die Maschinenindustrie, waren einschneidend. Man mußte umdenken! Allerdings war eine sofortige Reaktion unmöglich, stand man doch mitten im Bau des Reaktors Lucens und am Beginn der Entwicklungsstudien für dessen Nachfolge-Anlage. Die Präsidialansprache, die Altbundesrat Streuli an der dritten Generalversammlung der NGA im Juni 1964 hielt, war daher von Resignation geprägt: Einerseits ließen sich unter den geänderten Vorzeichen die beiden Vorhaben nicht mehr finanzieren, andererseits wollte man Lucens fertigstellen. Also räumte die NGA Lucens die Finanzierungspriorität gegenüber den Entwicklungsstudien ein. Alle beteiligten Firmen gingen daraufhin über die Bücher, und als Konsequenz stiegen sie entweder aus dem Reaktorgeschäft aus oder sie orientierten sich neu, um in irgendeiner Weise auch bei der Erstellung ausländischer Atomkraftwerke in der Schweiz teilhaben zu können.

Vor der Kommission, die der Nationalrat zur Schweizer Reaktorpolitik eingesetzt hatte, erläuterte am 17. Mai 1967 Georg Sulzer den Ausstieg seiner Firma aus der eigenen Reaktorentwicklung: «*Gegen die in den meisten Industrieländern vom Staate betriebene Förderung des Reaktorbaus ist die schweizerische Industrie personell und finanziell überfordert, ist daher gezwungen, auf den Bau von Reaktoren eigener Konzeption zu verzichten. Bei Bezug von Reaktoren aus dem Ausland erleidet die Maschinenindustrie keine Einbuße von nationaler Bedeutung*». Die Gebr. Sulzer AG, die sich inzwischen einiges Know-how in der Schwerwasser-Technologie erworben hatte, fand in Kanada, Frankreich und Deutschland Interessenten für eine Zusammenarbeit auf diesem Gebiet und für weitere Studien an Nachfolgetypen des Lucens-Reaktors.

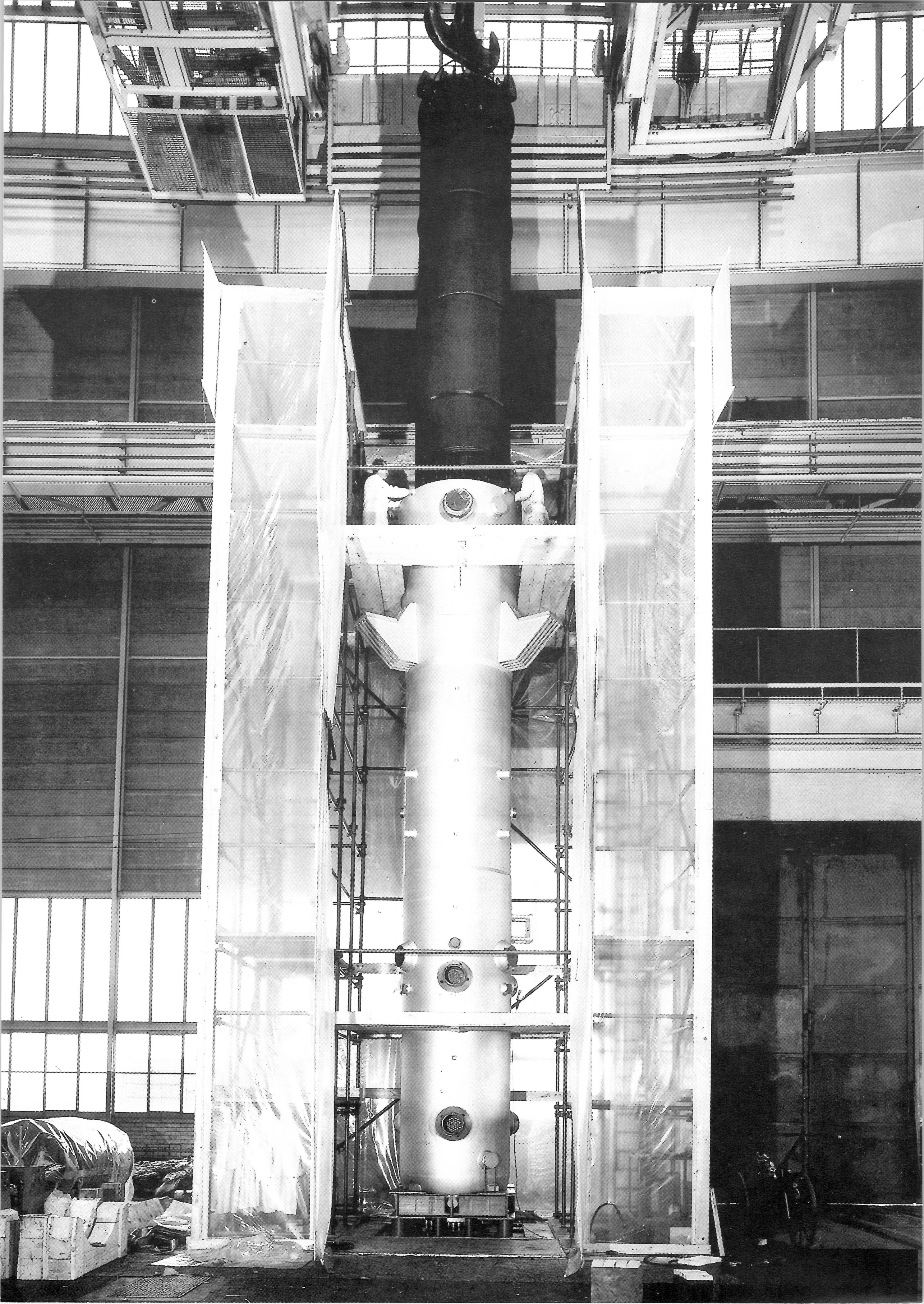
Georg Sulzer 1967: Schweiz überfordert

BBC sah sich durch die neue Situation vor keine nennenswerten Probleme gestellt, hatte man diese Entwicklung ja erwartet. Mit der Lieferung der Turbo-Generatoren für die in der Schweiz gebauten Atomkraftwerke bewegte sich die Firma weiterhin im üblichen Geschäftsbereich und war am Atomkraftwerk-Markt maßgebend beteiligt, ohne große Vorleistungen in der Kerntechnik tätigen zu müssen. Trotzdem betrieb BBC die Entwicklung des Hochtemperaturreaktors weiter, allerdings ausschließlich bei der deutschen Konzerntochter. Eines der Hauptprobleme bei diesem Reaktortyp, nämlich der Wärmeaustausch von den heißen Gasen zum Dampf, fiel jedoch in die Sparte Hochtemperatur-Dampferzeuger, die bei Sulzer entwickelt wurden. Hier trafen sich die beiden Unternehmen wieder, allerdings zur Hauptsache auf dem ausländischen Parkett.

BBC: Entwicklung vorausgesehen

Als Fazit der Bemühungen der Schweizer Industrie, eine eigene Reaktorlinie zu schaffen, läßt sich aus heutiger Sicht festhalten: Auch ohne die Havarie am Lucens-Reaktor (s. 8. Kapitel) erwies sich diese Ambition um eine Nummer zu groß. Dennoch war erreicht, was Dr. Walter Boveri als «*Einstieg in die neue Technik über die traditionellen Produkte*» bezeichnet hatte – mit erstaunlich bescheidenen Mitteln war in allen Sparten die Basis gelegt, welche der Industrie eine erfolgreiche Teilnahme am anbrechenden Kernenergie-Markt der 70er-Jahre ermöglichten.

Fazit: Basis geschaffen



8. Kapitel

Das Versuchsatomkraftwerk Lucens

Als Gegengewicht zu den Entwicklungen in der Deutschschweiz schloß sich 1956 die Westschweizer Wirtschaft zur Kernenergie-Interessengemeinschaft CIEN zusammen. Sie verfolgte das Projekt eines Siedewasserreaktors, zu dessen Ausführung 1957 die ENUSA gegründet wurde. Da jedoch der Bund nur ein einziges solches Projekt zu unterstützen gewillt war, schloß man einen Kompromiß: Standort des Versuchs-Leistungsreaktors wurde zwar das westschweizerische Lucens, als Reaktortyp aber wählte man den Druckröhrenreaktor nach Konzept der Gebr. Sulzer AG. Baubeginn war 1962, die Inbetriebnahme 1968. Anfang 1969 ereignete sich eine schwere Havarie. Sie bedeutete nicht nur das Ende von Lucens, sondern auch der Ambitionen, eine eigenständige schweizerische Reaktorlinie zu schaffen.

1956: Westschweizer CIEN

Am 10. August 1956 wurde in Lausanne die Communauté d'intérêts pour l'étude de la production et de l'utilisation industrielle de l'énergie nucléaire (CIEN) gegründet. Treibende Kräfte hinter dieser «Interessengemeinschaft zum Studium der Erzeugung und der industriellen Anwendung der Kernenergie» waren Daniel Bonnard und André Gardel. Zu ihren Gründungsmitgliedern gehörten die bedeutendsten Industrieunternehmen, Elektrizitätsgesellschaften und Ingenieurbüros der Westschweiz, aber auch eine Versicherungsgesellschaft.

Einer der beiden Hauptgründe für den Zusammenschluß zur CIEN war, daß die 1955 abgehaltene Internationale Genfer Konferenz «Atome für den Frieden» (s. 3. Kapitel) breiten Westschweizer Kreisen die künftige Bedeutung der Atomenergie direkt vor Augen geführt hatte. Der andere Hauptgrund ist darin zu suchen, daß Industrie und Elektrizitätswirtschaft der Westschweiz, die eine Spitzenstellung in Bau und Ausrüstung von Wasserkraftwerken einnahmen, ein neues Tätigkeitsfeld für die Zukunft vorzubereiten suchten (s. auch 4. Kapitel).

Die ENUSA

CIEN studiert 13 Reaktortypen, ...

Leitende Mitarbeiter der CIEN-Mitgliedfirmen sowie einige junge Physiker und Ingenieure trafen sich nun regelmäßig in Lausanne. Ziel dieser – in Technikerkreisen als «Freunde des Neutrons» bekannten – Gruppe war es, eine umfassende Dokumentation nicht nur über Atomenergie zusammenzutragen, sondern auch über die Anwendungsmöglichkeiten von Radioisotopen. Einer der jungen Physiker namens Bernard Vittoz, später Präsident der École Polytechnique de Lausanne (EPFL), begann, einen Isotopengenerator zur Stromerzeugung zu bauen. Daneben wurden von Industrie und Ingenieurfirmen nicht weniger als 13 Reaktortypen einer Prüfung unterzogen, und zwar vorwiegend anhand von Dokumenten, die an der Genfer Konferenz 1955 zugänglich gemacht worden waren.

... entscheidet sich für Siedewassertyp

Die CIEN-Gruppe verglich Zukunftsaussichten sowie technologische Vor- und Nachteile dieser Typen, immer mit Rücksicht auf die technischen Möglichkeiten der schweizerischen und insbesondere der westschweizerischen Industrie. Schließlich legte man sich auf den Siedewasserreaktor fest, also jenen Reaktortyp, der später in Mühleberg (s. 11. Kapitel), in Leibstadt sowie in den USA, in Schweden, Deutschland, Japan und anderen Ländern in zahlreichen Kraftwerken zum Einsatz kommen sollte.

Als Konsequenz aus diesen Vorstudien schloß sich 1957, genauer am 18. Juli, der Großteil der CIEN-Mitglieder in Lausanne zur «Energie Nucléaire S.A.» (ENUSA) zusammen. Auch die Stadt Lausanne selbst war Gründungsmitglied, später traten auch alle Westschweizer Kantone bei. Diese Gesellschaft stellte sich die Aufgabe, ein kleines Kraftwerk mit Siedewasserreaktor zu bauen und zu betreiben.

Aus CIEN wird ENUSA

In Anbetracht der Tatsache, daß die Wasserkräfte der Schweiz bald weitestgehend genutzt sein würden, ging es der ENUSA darum, die Deckung des zukünftigen Bedarfs der Schweiz an elektrischer Energie vorzubereiten. Auch wollte sie anläßlich der Landesausstellung, die 1964 in Lausanne stattfinden sollte, anhand dieses Projekts die Dynamik und Leistungsfähigkeit der Westschweizer Industrie demonstrieren – was es wiederum der öffentlichen Hand erleichtern sollte, sich an dem Projekt finanziell zu beteiligen. Im Hinblick auf die Bedeutung von Kontakten mit Regierungsstellen sicherte sich die ENUSA auch die Mitarbeit des Genfer alt-Regierungsrats und alt-Nationalrats Aymon de Senarclens als Delegiertem ihres Verwaltungsrats.

Westschweizer Aushängeschild

Leiter der ENUSA war der EPFL-Professor Daniel Bonnard, während die technische Direktion von André Gardel vom Lausanner Ingenieurunternehmen Bonnard & Gardel, Maurice Cosandey, Professor an der EPFL und nachmaliger Präsident der Eidg. Technische Hochschule von Lausanne sowie später des Schweizer Schulrats, Léon Jéquier, Société Générale pour l'Industrie, und Gilbert Psarofaghis, Physiker bei der S.A. des Ateliers de Sécheron in Genf, gebildet wurde.

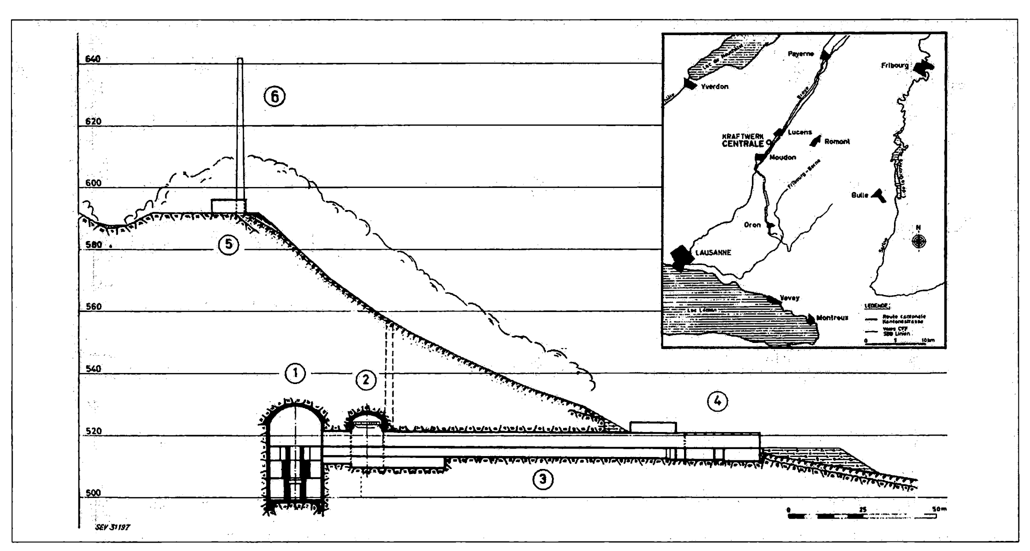
Illustre Mitarbeiter

ENUSA-Projekt Siedewasserreaktor

Das technische Konstruktionsbüro der ENUSA befand sich anfänglich in einer Wohnung und wurde später in das neue Verwaltungsgebäude der Sécheron AG in Genf verlegt. Hier betrieben unter der Leitung von Gilbert Psarofaghis und Paul Ribaux junge, von den ENUSA-Mitgliedfirmen abgestellte Ingenieure zielgerichtete Studien über den Siedewasserreaktor und maschinellen Einrichtungen des geplanten Kraftwerks.

Fragen zum Standort, zu den Bauten und zu den Sicherheitsaspekten wurden vom Büro Bonnard & Gardel in Lausanne bearbeitet. Im Dezember 1959 konnte schließlich ein Generalprojekt vorgelegt werden, dem im Mai 1960 ein in englischer Sprache abgefaßter vorläufiger Sicherheitsbericht folgte.

Dezember 1959: Generalprojekt



Bei Lucens (kleines Bild) wurden eine unterirdische Reaktorkaverne (1) und ein ebenso im Berg angelegtes Maschinenhaus (2) für Turbine und Generator vorgesehen, beide zugänglich über einen waagrechten Stollen (3) vom oberirdisch gelegenen Hilfsanlagengebäude (4) her. Ein Gebäude auf dem Berg (5) mit dem Ventilationskamin (6) vervollständigte die Anlage.

Von ihrer Gründung an war die ENUSA um finanzielle Beiträge seitens der öffentlichen Hand bemüht. Eine solche Politik widersprach allen, eng mit freier Marktwirtschaft verbundenen Traditionen der helvetischen Industrie. Da jedoch im Ausland alle nuklearen Entwicklungsprojekte von den Regierungen unterstützt wurden, und weil Entwicklung und Bau von Atomkraftwerken beträchtliche finanzielle Mittel erforderten, hatte sich der Verwaltungsrat der ENUSA schon im November 1958 veranlaßt gesehen, beim Bund finanzielle Unterstützung zu beantragen.

Man hatte in Bern das Vorprojekt eines unterirdischen Kleinkraftwerks mit einem Siedewasserreaktor vorgestellt und die Gesamtkosten des Projekts – einschließlich verschiedener Forschungseinrichtungen für die Universitäten, die EPFL und für das Krebszentrum der Westschweiz – mit 35 Millionen Franken beziffert. Die ENUSA rechnete damit, von privater Seite und von der öffentlichen Hand in der Westschweiz zehn Millionen Franken zu erhalten und ersuchte infolgedessen den Bund um 25 Millionen.

Reaktor nach US-Vorbild

Das Projekt sah einen kleinen Siedewasserreaktor mit 20 Megawatt Wärmeleistung vor, dessen Dampf einen Fünf-Megawatt-Turbogenerator antreiben sollte. Dabei wollte man jedoch den Dampf nicht – wie bei anderen Siedewasserreaktoren – direkt aus dem Reaktor zur Turbine leiten, sondern einen Wärmetauscher dazwischenschalten. Diese Sonder-Vorsichtsmaßnahme wollte man in einer späteren Phase durch Kurzschließen des Wärmetauschers wieder außer Kraft setzen. Die Konzeption des Reaktors selbst basierte im wesentlichen auf einem amerikanischen Versuchsreaktor gleicher Leistung,

dem EBWR (Experimental Boiling Water Reactor) im Argonne National Laboratory in der Nähe von Chicago.

Um sicherzugehen, daß ihre jungen, noch unerfahrenen Mitarbeiter sich auf dem richtigen Weg befanden, ließ die ENUSA vom französischen Atomenergie-Kommissariat (CEA) eine Projektexpertise erstellen. Das CEA kam im November 1958 zu einem positiven Urteil. Verschiedene Standorte im Kanton Waadt waren untersucht worden, und schließlich entschied sich die ENUSA für einen Ort am linken Broye-Ufer zwischen Moudon und Lucens. Hier war es möglich, den nuklearen Teil des Kraftwerkes unterirdisch anzuordnen, während verschiedene Hilfseinrichtungen an der Erdoberfläche Platz fanden.

Positives Urteil aus Frankreich

1958: Standort Lucens bestimmt

Zur selben Zeit wie das ENUSA-Projekt wurden in der Deutschen Schweiz zwei Reaktor-Projekte ausgearbeitet (s. 7. Kapitel). Und zwar sah das Projekt der Suisatom den Kauf eines amerikanischen Reaktors vor, während jenes eines Industriekonsortiums, das sich um die Maschinenfabrik Gebr. Sulzer AG in Winterthur gruppierte, den Bau eines kleinen Heizreaktors an der ETH in Zürich zum Ziel hatte.

Der Kompromiß

Wie das ENUSA-Projekt, so beanspruchten auch die beiden deutschschweizerischen Projekte einen wesentlichen Beitrag der Eidgenossenschaft, um verwirklicht werden zu können. Wäre der Beitrag, welchen der Bundesrat insgesamt zuzuschießen gewillt war, auf alle drei Projekte aufgeteilt worden, hätte keines verwirklicht werden können. Dadurch waren die Projektinitianten gezwungen, sich untereinander auf ein einziges Projekt zu einigen. Eine erste Selektion ergab sich schon aus dem Förderziel des Bundes, die Heranbildung von Spezialisten in der Schweiz zu unterstützen und der schweizerischen Industrie zu Know-how zu verhelfen. Unter diesem Gesichtspunkt betrachtet, war das Suisatom-Projekt, das ja den Import eines Reaktors vorsah, nicht förderungswürdig und schied aus.

3 Konkurrenz-Projekte

Zwischen ENUSA und Sulzer, deren Projekte im Rennen blieben, kam es am 1. April 1960 zu einem vorhersehbaren und echt helvetischen Kompromiß, vorbereitet mit einer technischen Begutachtung durch eine Expertengruppe, die von der Eidg. Kommission für Atomenergie mit Genehmigung des Bundesrates ernannt worden war und unter der Leitung von Dr. Eric Choisy stand. Im Verwaltungsratssaal der Sécheron in Genf wurde die östliche Seite des langen Verhandlungstisches

Suisatom ausgeschieden

von den Vertretern des Sulzer-Projekts besetzt, während sich auf der westlichen Seite die ENUSA niederließ, um ihren Siedewasserreaktor zu verteidigen.

Sulzer bringt Reaktor ein, ...

Der Sulzer-Reaktor folgte – im Gegensatz zu dem der ENUSA – einer Konzeption, die auch im Ausland ohne direktes Vorbild war. Schweres Wasser als Moderator erlaubte die Verwendung von Natururan als Brennstoff, was zu jener Zeit in verschiedenen Kreisen als gewichtiger Trumpf betrachtet wurde. Die vielen schönen Detailzeichnungen zum Sulzer-Projekt machten – so berichten Zeitzeugen aus der Westschweiz – auch den Eindruck, es sei weiter fortgeschritten als jenes aus der Romandie. Und nicht zuletzt konnte das von Sulzer geführte Konsortium, abgesehen von seiner Größe, gegenüber dem der Romands ins Treffen führen, über eine lange Erfahrung in Entwurf und Herstellung von thermischen Anlagen und Maschinen zu verfügen – einen im Hinblick auf die Konstruktion des Reaktors, dessen Hauptkreisen, der Wasseraufbereitung usw. bedeutenden Vorteil.

... ENUSA steuert Standort bei

Der Kompromiß lag auf der Hand: Die ENUSA hatte in der Nähe von Lucens Land gekauft und konnte damit einen Standort zum Bau eines kleinen unterirdischen Kraftwerks anbieten, während die Firma Sulzer, welcher der Bau des geplanten Heizkraftwerks an der ETH Zürich verweigert worden war, über ein schönes Projekt verfügte. Man würde also zusammen das Sulzer-Projekt am Standort der ENUSA in Lucens bauen!

Ein Schweizer Atomkraftwerk in Lucens

Zwischen den Initianten aller drei ursprünglichen Projekte wurden nun Verhandlungen aufgenommen, um die Geschäftsführung und die Finanzierung des Projektes Lucens zu organisieren. Der Bund wünschte nämlich, die Arbeiten unter den zahlreichen dazu bereiten Gesellschaften aufzuteilen, wollte aber nur mit einem Partner zu tun haben, der das eidgenössische «Manna» gerecht verteilen sollte.

Zur Finanzierung NGA gegründet

Als Antwort auf diese verzwickte Lage wurde am 18. Juli 1961 die «Nationale Gesellschaft zur Förderung der industriellen Atomtechnik» (NGA) mit einem Grundkapital von 3,2 Millionen Franken gegründet. Sie hatte ihren Sitz in Bern bei der Bernische Kraftwerke AG (BKW). Über ihre drei Gründer – ENUSA, Suisatom und Therm-Atom AG (s. 7. Kapitel) – waren daran alle an der Kerntechnik interessierten schweizerischen Wirtschaftskreise beteiligt. Der Bund sollte das schweizerische Versuchskraftwerk zur Hälfte finanzieren, die andere Hälfte würden die Aktionäre der NGA aufbringen.

Die NGA übertrug die Planung, die Bauleitung und die Erprobung des Kraftwerks Lucens einer Arbeitsgemeinschaft Lucens (AGL) der vier Ingenieurbüros Bonnard & Gardel, Elektrowatt, Therm-Atom und Société Générale pour l'Industrie (SGI). Lange Verhandlungen waren notwendig, um Verantwortung, Aufgaben und Lieferungen der einzelnen Partner festzulegen, zumal mehrere davon in direkter Konkurrenz zueinander standen. Es galt auch, die finanzielle Beteiligung und die Kompetenzen eines jeden Partners zu berücksichtigen sowie eine ausgewogene geographische Aufteilung zu finden.

Schwierige Aufgabenverteilung

Dank dem guten Willen aller Seiten kam es doch zu einer vernünftigen und befriedigenden Aufteilung: Bonnard & Gardel waren hauptsächlich für die oberirdischen Bauarbeiten zuständig, während die unterirdischen Anlagen Elektrowatt und die Hilfseinrichtungen der SGI zugeteilt wurden. Die nuklearen, mechanischen und elektrischen Hauptanlagenteile sollten von den Partnern unter der technischen Leitung von Pierre de Haller, Therm-Atom AG, gemeinsam studiert und ausgeführt werden. Die örtliche Bauleitung übertrug man Bonnard & Gardel, Elektrowatt mit Pierre Krafft hatte den Betrieb des Kraftwerks vorzubereiten. Nachdem vorerst ein Dreierdirektorium eingesetzt worden war, amtierte von Mai 1968 an Jean-Paul Buclin als alleiniger Kraftwerksdirektor. Da die Sicherheitsfragen alle Partner betrafen, bildeten deren Spezialisten eine Sicherheitskommission. Ein wissenschaftlicher Beitrag zum Projekt sollte auch vom Eidg. Institut für Reaktorforschung (EIR) geleistet werden, was für dieses Institut während langer Jahre eine größere Studien- und Forschungsaufgabe bedeutete (s. 6. Kapitel).

Nuklear- und Elektroteil gemeinsam

Der Zweck von Lucens

Hauptaufgabe des Versuchsatomkraftwerks Lucens war nicht die Erzeugung elektrischer Energie, zumal die elektrische Nettoleistung nur 5 bis 6 Megawatt betragen sollte (so viel wie die eines kleinen Wasserkraftwerks). Das Ziel war vielmehr die Entwicklung eines neuen Reaktortyps «made in Switzerland». Dabei ging es auch nicht in erster Linie darum, den genauen Prototyp eines Kraftwerks zu erstellen, das dann, in größerem Maßstab, in der Schweiz oder im Ausland auf kommerzieller Basis verkauft werden könnte.

Ziel «Schweizer Reaktor»

Im Vordergrund stand eher das Sammeln von Erfahrung in allen Sparten der neuen Technologie, wie Konzeption, Ausführung, Probeläufe, Betrieb und schließlich auch die endgültige

Stillegung. Ingenieure, Physiker, Chemiker, Werkstatt-, Montage- und Betriebspersonal sollten eine Möglichkeit haben, ihre neuen Berufe zu erlernen. Alles gemäß der Philosophie, die industrielle Erfahrung zeige, daß das Beherrschen einer Technologie nur durch die Praxis erworben werden kann.

Im Vordergrund: Erfahrung sammeln

Der Betrieb des Kraftwerks sollte jedoch nur solange aufrecht erhalten werden, als interessante Versuche durchgeführt werden könnten. Eine Weiterführung des Betriebs nur zur Stromerzeugung wurde als nicht sinnvoll betrachtet, weil wegen der geringen Leistung der Anlage die Kosten der erzeugten Kilowattstunde sehr hoch waren.

Die Hauptmerkmale

Das Konzept des Reaktors basierte auf Vorstudien bei Sulzer und sah Schweres Wasser als Moderator, Druckröhren zur Aufnahme der Brennelemente, Brennelemente aus schwach angereichertem Uran sowie gasförmiges Kohlendioxid als Kühlmittel vor.

Ein Moderator soll ja die bei jeder Spaltung eines Urankerns freiwerdenden und dann sehr energiereichen Neutronen bis zu niedrigen Energien abbremsen, die für die Auslösung neuer Kernspaltungen günstiger sind (s. 1. Kapitel). Schweres Wasser ist der ideale Moderator, weil es von allen in Frage kommenden Stoffen am wenigsten Neutronen absorbiert, womit ihr – der Ausbeute an Spaltungen abträglicher – Verlust auf ein Minimum reduziert wird. Schweres Wasser (oder Graphit, der ihm am nächsten kommt) ermöglicht die Verwendung von Natururan als Brennstoff, d.h. Uran, bei welchem das Verhältnis des spaltbaren Isotops Uran-235 zum nicht spaltbaren Uran-238 das gleiche ist wie in allen Uranvorkommen der Erde, nämlich 0,7 zu 99,3 Prozent. Für Leichtwasserreaktoren, deren Moderator gewöhnliches Wasser ist, muß wegen dessen größerer Neutronenabsorption der Brennstoff auf drei bis vier Prozent Uran-235 angereichert werden.

Moderator: Schwerwasser

Brennstoff: Natururan …

Die Anreicherung war damals ein Monopol der USA, die für den Bau von Atomwaffen (für die Anreicherungsgrade über 90 Prozent nötig sind) riesige Anreicherungsanlagen erstellt hatten. In bezug auf Reaktorbrennstoff von den USA abhängig zu sein, hatte die ENUSA bei ihrem Siedewasserreaktor-Projekt nicht gestört. Einflußreiche deutschschweizer Kreise innerhalb der Lucens-Bauherrin NGA wollten jedoch den Zugang zum freien Uranmarkt, der schon in zahlreichen Ländern zu finden war, offenhalten, und maßen daher einem Reaktorkonzept mit Natururan große Bedeutung bei.

… vom freien Markt

In jedem Reaktor muß das Kühlmittel, ob flüssig oder gasförmig, in einem abgeschlossenen Kreislauf zirkulieren, um die im Reaktorkern freigesetzte Wärme nutzbringend abzuführen. Dazu muß es im Reaktorkern die Brennstoffstäbe umspülen, die nach einem gewissen Muster angeordnet sind. Wenn das Kühlmittel gleichzeitig auch als Moderator dient, wie z.B. Schwer- oder Leichtwasser, kann man alle Stäbe in einem einzigen Behälter einschließen, der dann allerdings sehr groß und schwer ausfällt. Sind jedoch Moderator und Kühlmittel voneinander verschiedene Stoffe, wie im Falle von Lucens, müssen sie physikalisch voneinander getrennt sein. Beim Lucens-Konzept mit Kohlendioxid als Kühlmittel wurde jedes Brennstabbündel mit einem eigenen Druckrohr umgeben, während alle Druckrohre in einem gemeinsamen, mit Schwerwasser gefüllten Tank steckten, so daß das Schwere Wasser jedes Brennstabbündel von allen Seiten umgab.

Kühlmittel: Kohlendioxid

Da die Schweizer Industrie nicht über Einrichtungen verfügte, um große Reaktorgefäße für Leichtwasserreaktoren zu fertigen, erschien die Druckrohrkonstruktion die gegebene Lösung für eine schweizerische Reaktorlinie zu sein. Diese Konstruktion war zwar vergleichsweise kompliziert und heikel, dafür aber in einigen schweizerischen Industriefirmen ohne weiteres herstellbar.

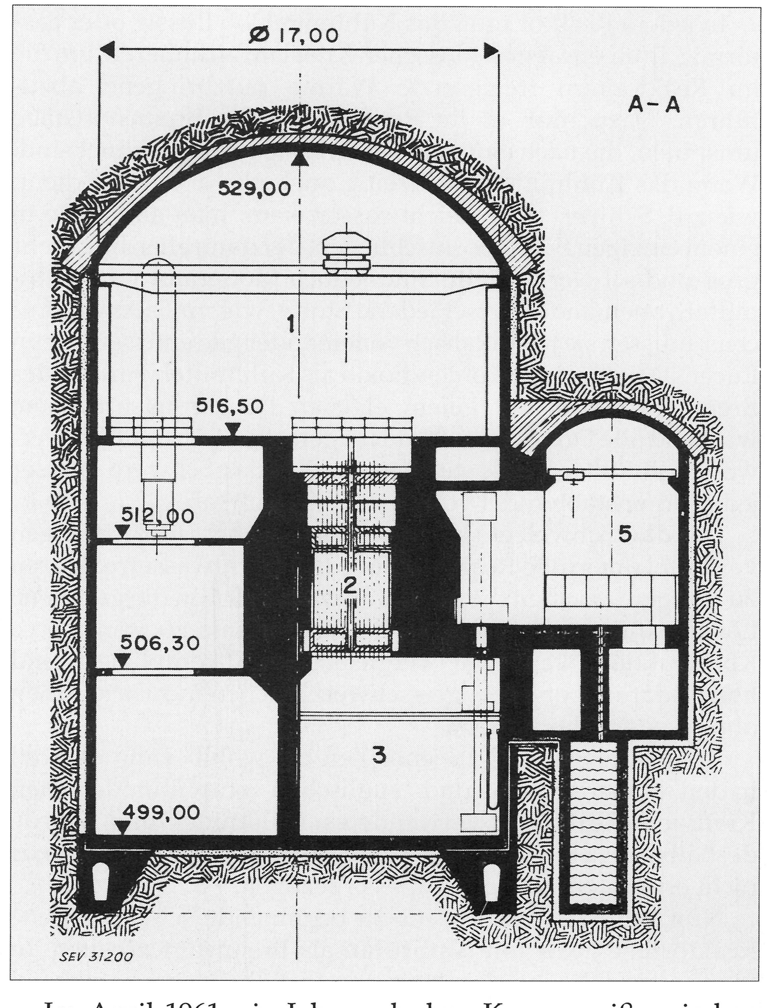
Heikle Druckrohr-Konstruktion

Kohlendioxid war zu jener Zeit ein wohlbekanntes, weil in den französischen und englischen graphitmoderierten Kraftwerk-Reaktoren verwendetes Kühlmittel und wurde deshalb dem ebenfalls erwogenen, aber in der Reaktorpraxis nicht erprobten Wasserdampf vorgezogen.

Nun sollte die mit Lucens zu beginnende schweizerische Reaktorlinie zwar mit Natururan als Brennstoff arbeiten. In Lucens handelte es sich jedoch um einen Reaktor sehr bescheidener Leistung und geringer Abmessungen. Diese Kompaktheit erlaubte es einerseits, die Kosten niedrig zu halten, hatte aber andererseits zur Folge, daß die Neutronenverluste gegenüber einem größeren Reaktor höher lagen. Aus diesem Grunde konnte man nicht mehr Natururan verwenden, sondern mußte auf leicht angereichertes Uran – mit 0,96 Prozent Uran-235 gegenüber 0,7 Prozent bei Natururan – übergehen, wobei jedoch im Hinblick auf spätere größere Reaktoren die Grundkenndaten eines Natururan-Reaktors beibehalten wurden. Für das Uran wählte man die metallische Form, weil diese sich bei den französischen und englischen Graphit-Kohlendioxid-Reaktoren bewährt hatte. Die Verwendung von Uran in oxidischer Form wie bei den Leichtwasserreaktoren wurde jedoch für eine spätere Phase als Variante vorgesehen und eingehend studiert.

Kompaktheit verlangt doch Anreicherung

Ein senkrechter Schnitt durch die Reaktorkaverne zeigt im Zentrum den eigentlichen Reaktor (2), den Raum für die Brennelemente-Lademaschine (3) und das Brennelemente-Lager (5). Der Durchmesser der Kaverne ist 17 Meter, die Höhe 30 Meter.

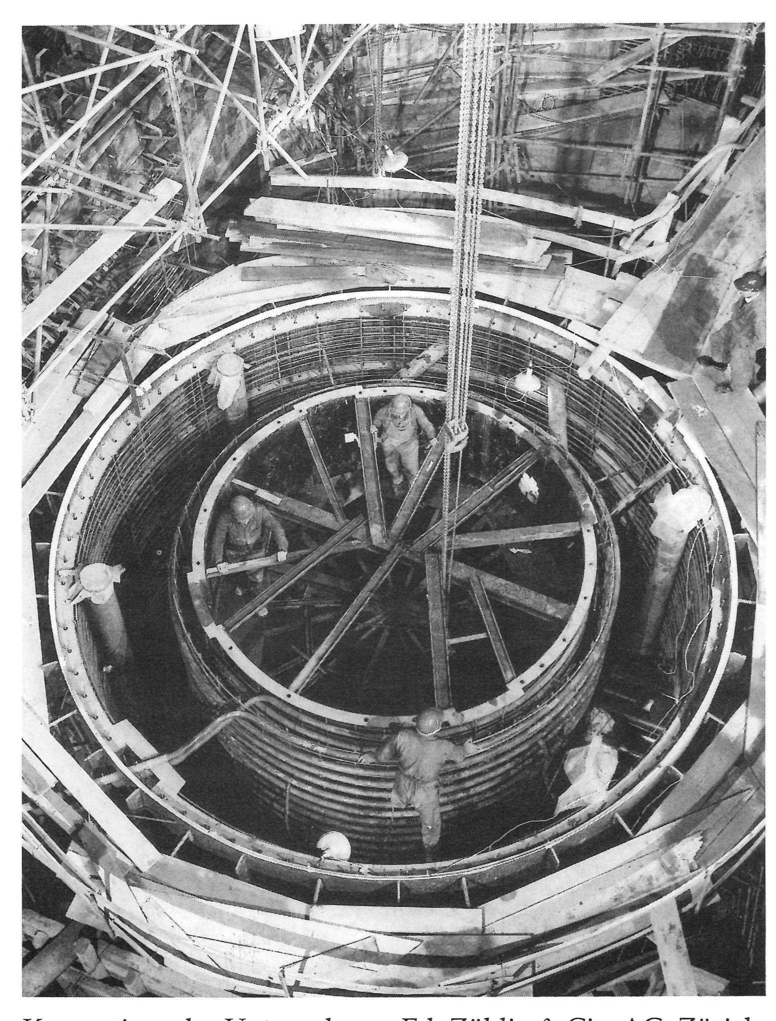


1961: Konzept-Entscheidung

Im April 1961, ein Jahr nach dem Kompromiß zwischen ENUSA und der Sulzer-Gruppe, aber noch vor der eigentlichen Gründung der AGL, wurde in einem Vorprojekt die allgemeine Konzeption des Kraftwerks festgelegt. Dieses Vorprojekt diente als Grundlage für weitere Studien. Im selben Jahre begannen auch die Untersuchungen zur Reaktorsicherheit.

Der Bau

Im Februar 1962 konnte die AGL dann das allgemeine Projekt in Form eines zweibändigen Berichts vorstellen, auf dessen Grundlage die NGA am 28. Mai 1962 den Baubeschluß fällte. Am 7. Juni wurde der Auftrag für die Bauarbeiten an ein

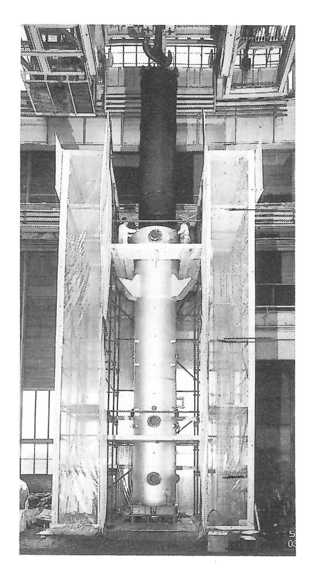


Montagearbeiten in der Reaktorkaverne. Die Betonabschirmung, welche den Reaktor ganz umschließt, ist drei Meter stark.

Konsortium der Unternehmen Ed. Züblin & Cie. AG, Zürich, Losinger & Cie. AG, Lausanne, und Conrad Zschokke AG, Genf, vergeben. Am 21. Juni 1962 erteilte der Bund eine erste Teilbaubewilligung, betreffend die allgemeine Disposition der Anlagen und die Terrassierungsarbeiten. Die Baustelle konnte nach den Genehmigungen durch Kanton und Gemeinde am 1. Juli 1962 eröffnet werden.

1962: Baubeginn

Am 31. Januar 1963 schloß die NGA mit der Therm-Atom AG einen Vertrag über Erstellung und Inbetriebnahme der nuklearen, mechanischen und elektrischen Anlagen des Kraftwerks. Auf der Baustelle wurden die ersten Betonierungen durchgeführt. Der Bund erteilte eine zweite Teilbaubewilligung, und zwar für die unterirdischen Anlagen, insbesondere für die Sicherheitshülle der kerntechnischen Anlagen.



In den beiden Dampferzeugern übertragen Rohrbündel Wärme von dem im Reaktor erhitzten Kohlendioxid auf den Wasser-Dampfkreislauf der Turbine. Im Bild wird ein solches Rohrbündel (dunkel) von oben in das zwölf Meter hohe Gehäuse (hell) eingefahren.

1964 begannen die ersten Montagen. Schrittweise wurde Betriebspersonal für das Kraftwerk eingestellt. Es nahm an den Montagearbeiten teil, um sich mit den Einrichtungen vertraut zu machen und detaillierte Betriebsanleitungen für die ganze Anlage zu erstellen. Die dritte eidgenössische Teilbaubewilligung, betreffend die Strahlenschutzeinrichtungen, war am 13. Januar 1964 erteilt worden.

Die Inbetriebnahme

Das Frühjahr 1965 sah den Abschluß der unterirdischen Bauarbeiten. Die Dichtheitsprüfung der – dafür unter Druck gesetzten – Reaktorkaverne wurde im Mai erfolgreich durchgeführt. Nachdem am 3. Mai der Bund die letzte Teilbaubewilligung – für den Reaktor und alle thermischen und elektrischen Anlageteile – erteilt hatte, konnten auch die Montagearbeiten in der Kaverne beginnen.

Die ersten Versuche zur Inbetriebnahme der Kreisläufe erfolgten Anfang März 1966. Am 16. Dezember 1966 genehmigte der Bund den Beginn der kerntechnischen Gesamtprüfungen, die den Beginn bei Leistung Null sowie Leistungserhöhung und schließlich den vorläufigen Betrieb umfassen sollten.

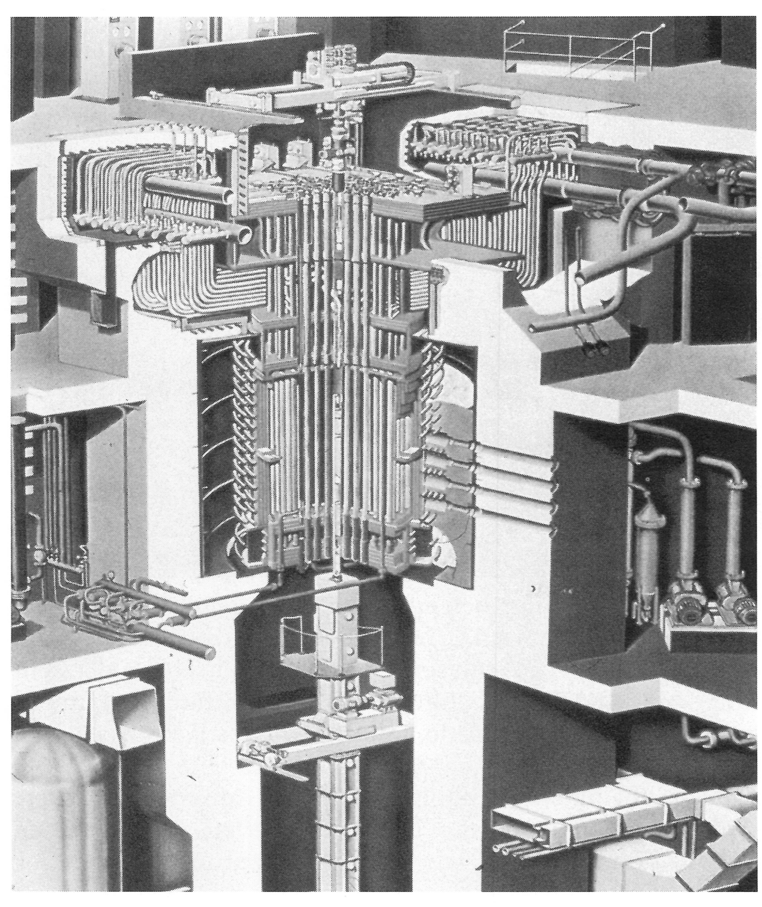
Dezember 1966: erstmals kritisch

Am 29. Dezember 1966 wurde der Reaktor zum erstenmal kritisch. Nach den ersten Versuchen bei Leistung Null entlud man den Reaktorkern Anfang 1967 wieder, so daß die Montagearbeiten abgeschlossen werden und die Inbetriebnahme- und Abnahmeversuche der Anlageteile stattfinden konnten. Dabei wurden Einstellungen und Fehler korrigiert, die bei den Versuchen zutagegetreten waren.

Die Prüfungen aller Anlageteile bei Leistungsanstieg verliefen von Januar bis März 1968 erfolgreich. Nach einer Betriebsunterbrechung zwecks Durchführung verschiedener Änderungen und Verbesserungen folgte im April und Mai ein zehntägiger, erfolgreicher Dauer- bzw. Abnahmeversuch bei Leistung, nämlich 21 Megawatt Wärmeleistung (und einer Spitze von 26,4 Megawatt, d.h. 95 Prozent der Vollast), ohne nennenswerte Ereignisse.

Bis 1968: Inbetriebnahme

Am 10. Mai 1968 nahm die NGA das Kraftwerk ab und übergab gleichentags das etwa 80 Mitarbeiter zählende Betriebspersonal unter Leitung von Direktor Jean-Paul Buclin dem Betreiber des Kraftwerks, der S.A. l'Energie de l'Ouest-Suisse (EOS). Es folgte eine dreimonatige unterbrechungslose Betriebsphase nahe der Höchstleistung, ehe der Reaktor Ende Oktober 1968 für geplante Revisionsarbeiten und insbeson-



Ein Schnitt durch den Reaktor demonstriert die Komplexität der Konstruktion: Jedes Brennstabbündel ist von einem eigenen Druckrohr für das Kühlmittel Kohlendioxid umgeben, und alle Druckrohre werden von einem Tank mit Schwerem Wasser als Moderator umschlossen. Diese Konstruktion ließ sich zwar mit den Mitteln der Schweizer Industrie herstellen, war jedoch defektanfälliger als eine einfachere bei einem Reaktortyp, bei dem der Moderator zugleich Kühlmittel ist wie etwa bei einem Siedewasserreaktor.

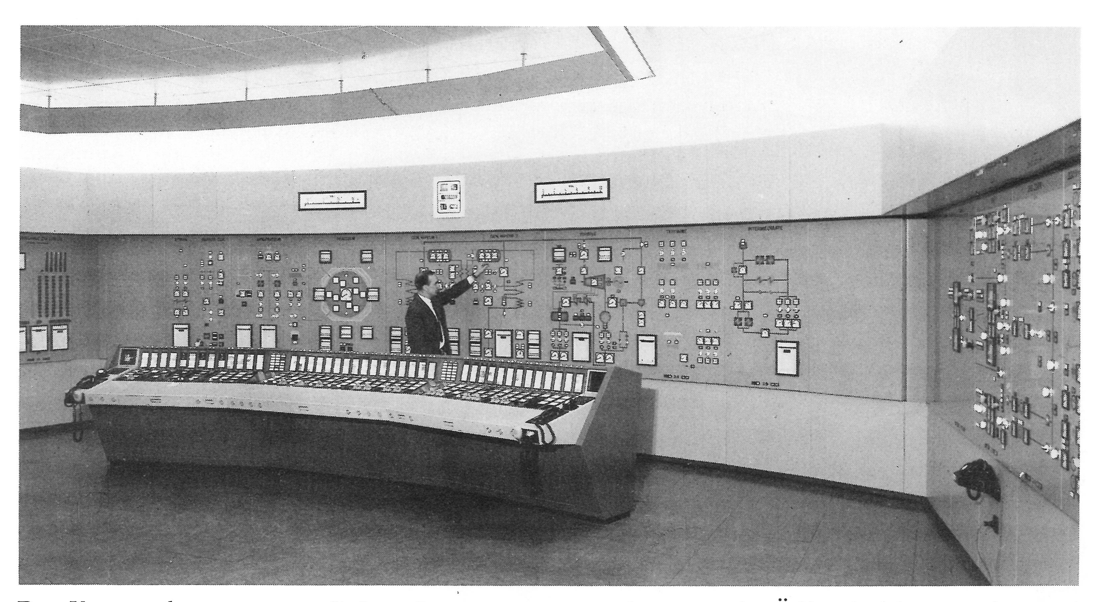
dere zur Verbesserung der Wellendichtungen an den Kohlendioxid-Gebläsen abgestellt wurde.

Der Störfall und seine Ursachen

Am 21. Januar 1969, kurz nach Wiederaufnahme des Betriebs, trat während der stufenweisen Leistungserhöhung – die Wärmeleistung hatte gerade zwölf Megawatt erreicht – eine schwere Störung auf, die dem Betrieb des Versuchskraftwerks Lucens ein vorzeitiges Ende bereitete.

Untersuchungsbericht

Der Vorsteher des Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschafts-Departementes, dem auch die Eidg. Sicherheitsbehörden unterstellt waren, Bundesrat Roger Bonvin, ernannte am 5. Februar 1969 eine Untersuchungskommission. Sie sollte die Ursachen des Störfalls sowie das Funktionieren der Sicherheitseinrichtungen, das Verhalten des Betriebspersonals und die Koordination zwischen den für die Sicherheit verantwort-



Der Kommandoraum von Lucens: Der Zeit entsprechend modern und übersichtlich eingerichtet. Links von der Mitte an der Wand ein Leuchtbild des Reaktorkerns.

lichen Organen untersuchen, um die Öffentlichkeit umfassend orientieren zu können. Die Untersuchungen, die sich insbesondere auf zahlreiche Analysen am EIR stützten, zogen sich sehr lange hin, so daß der Schlußbericht der Kommission, unterzeichnet von ihrem Präsidenten Dr. Andreas F. Fritzsche, erst im Juni 1979 veröffentlicht werden konnte.

Die einhelligen Schlußfolgerungen der Kommission waren, daß der Störfall auf ein Zusammentreffen verschiedener, voneinander unabhängiger Umstände zurückzuführen sei, welche der Neuheit der Konzeption dieses Kraftwerktyps und einiger seiner Ausrüstungen zugeschrieben werden müßten: «*Die Nachforschungen haben ergeben, daß die Erbauerin der Anlage wie die Sicherheitsbehörden einen Unfall der Art, wie er in Lucens eingetreten ist, als eine, allerdings unwahrscheinliche Möglichkeit erkannt hatten, auch ohne daß ein dafür verantwortliches auslösendes Ereignis angegeben wurde*». Dementsprechend sei die Anlage mit einem Sicherheitsbehälter bzw. Containment gebaut worden, so daß auch ein solcher Unfall keine Gefahr für die Betriebsequipe oder für die Öffentlichkeit bedeutete.

Containment

Der Ablauf des Störfalls wird im Kommissionsbericht wie folgt rekonstruiert. Sperrwasser aus den Wellendichtungen der Kühlmittelgebläses (Sperrwasser unterstützt die Dichtfunktion) war im Herbst 1968 während des Stillstands zur Revision in den Kühlkreis des Reaktors eingedrungen. Dort hatte es an den aus einer Magnesiumlegierung bestehenden Umhüllungsrohren einiger Brennstäbe Korrosion verursacht. Bei der nachfolgenden Inbetriebnahme des Reaktors behinderten die Korrosionsprodukte an einigen Stellen den freien

Rekonstruktion des Ablaufs

Umlauf des Kühlgases Kohlendioxid, was zu außergewöhnlich hoher örtlicher Erwärmung des Brennstoffs führte. In der Folge begann zuerst ein Brennstab zu schmelzen, dann waren es mehrere. Schließlich brannte ein Brennstoffbündel am Rande des Reaktorkerns (Magnesium entzündet sich in Luft bei etwa 80 °C). Das Bündel verformte sich, und wo es nun das umhüllende Druckrohr berührte, wurde dieses so heiß, daß es riß. Dadurch barst auch der Moderatortank, und Kohlendioxid sowie Schweres Wasser traten in die Reaktorkaverne aus.

Ursache: Korrosion

Die Meßeinrichtung für Radioaktivität im Kühlmittel hatte inzwischen angesprochen und die automatische Abschaltung des Reaktors sowie die Schließung der Lüftungsklappen ausgelöst. Da dies einige Sekunden vor dem Riß des Druckrohrs erfolgte, war die Reaktorkaverne zum Zeitpunkt des Risses bereits von der Außenwelt isoliert. Dennoch konnten kleine Mengen von Radioisotopen kurzer Lebensdauer durch undichte Stellen der Kaverne entweichen. Der als Folge des Berstens des Moderatortanks in der Kaverne herrschende Überdruck wurde in der Nacht vom 24. auf den 25. Januar kontrolliert – d.h. über Filter zur Rückhaltung der radioaktiven Aerosole – in die Atmosphäre abgelassen.

Wenig Radioaktivität an die Umwelt

Nach dem Störfall

In der Folge war es die Aufgabe des Betriebspersonals, die beschädigten Anlageteile sicherzustellen, die Brennelemente zur Wiederaufarbeitung bei Eurochemic in Mol, Belgien, und verschiedene Reaktorteile zwecks Prüfung im Hotlabor im EIR (s. 6. Kapitel) herauszunehmen, andere Anlagenteile zu dekontaminieren und zu zerlegen sowie zu bergen, was noch irgendwie verwendet oder verkauft werden konnte. Einige große, schwach radioaktive Anlageteile wurden, teilweise in Beton eingebettet, in der Kaverne belassen.

Entsorgung

Bei den Dekontaminations- und Zerlegungsarbeiten fielen radioaktive Abfälle an, die etwa 250 Fässer von je 200 Litern Inhalt füllten. Diese kamen zwecks Behandlung und Konditionierung im Hinblick auf ihre Entsorgung ins EIR nach Würenlingen. Verschiedene Stücke mit großen Abmessungen wurden in fünf Containern luftdicht eingeschlossen, die solange am Kraftwerksstandort zwischengelagert werden sollen, bis der Schweiz ein Endlager für schwach- und mittelaktiven Abfall zur Verfügung steht.

Große Teile in der Kaverne zwischengelagert

Diese Aufräumarbeiten dauerten insgesamt 52 Monate, also bis Mai 1973. Die Art der Schäden offenbarte sich nur schrittweise nach Maßgabe des Arbeitsfortschritts. Durch bedachte

Eingriffe gelang es der Betriebsequipe, ein Maximum zu retten, namentlich einen großen Teil des Schwerwassers, dessen Verkauf den Großteil der Kosten des Kraftwerksabbruchs deckte. Die Umstände, unter welchen die Equipe zu arbeiten hatte, waren alles andere als optimal, zumal die Industrie – verständlicherweise – weniger Interesse an diesem aufgegebenen Reaktortyp zeigte als an neuen Kernkraftwerken mit andernorts bereits bewährten Reaktoren.

1973: Aufräumarbeiten beendet

Lehren und Konsequenzen

Lucens war ein Versuchsatomkraftwerk, mit dem man neue konstruktive Lösungen erproben wollte. Der Störfall bedeutete zwar das – vorzeitige – Ende des Projekts und damit der Entwicklung einer eigenständigen schweizerischen Reaktorlinie. Aus der Sicht der Untersuchungskommission, aber auch nach Überzeugung der meisten Schweizer Fachleute hat er aber auch den Beweis erbracht, daß alle Sicherheitseinrichtungen in vorgesehener Weise einwandfrei funktionierten. Trotz der oben erwähnten Undichtheit habe sich gezeigt, daß der Sicherheitsgrad der Anlage nicht nur genügend war, sondern daß das Kraftwerk darüber hinaus noch über eine sehr große Sicherheitsmarge verfügte. Die Strahlenexposition des Betriebspersonals habe in der Folge des Störfalls zu keiner Zeit die von den Sicherheitsbehörden vorgeschriebenen sehr strengen Grenzwerte überschritten, die Bevölkerung sei überhaupt nicht betroffen gewesen.

Sicherheit genügend

Für all jene, die mit Begeisterung und unter großem Einsatz am Bau dieses Versuchskraftwerks gearbeitet hatten, war der Störfall ein empfindlicher Rückschlag. Der Störfall kann jedoch aus einigem zeitlichem Abstand und je nach Standpunkt als Ereignis betrachtet werden, dessen positive Aspekte die negativen überwiegen.

Positives überwiegt

Noch während Lucens im Bau war, wurde schon klar ersichtlich, daß dieser Reaktortyp keine kommerzielle Zukunft hatte. Die großen schweizerischen Elektrizitätsgesellschaften, d.h. die potentiellen Kunden für einen Reaktor schweizerischer Herkunft, waren ja nicht bereit, mit dieser neuen Technologie, die beträchtliche Investitionen verlangte, übermäßige Risiken auf sich zu nehmen. Daher hatten sie längst beschlossen, Reaktoren von wesentlich einfacherer Bauart anzuschaffen, nämlich Leichtwasserreaktoren vom Siede- oder Druckwassertyp, von denen Prototypen in den USA schon seit einiger Zeit funktionierten. Das Kraftwerk Beznau I mit einem Druckwasserreaktor von Westinghouse war schon 1964 bestellt worden,

E-Werke für einfachere Reaktoren



1971 wurde der Reaktor demontiert – im Bild das Herausheben des Moderatortanks.

Mühleberg mit einem Siedewasserreaktor von General Electric 1966. Und im Mai 1967 hat Sulzer, Initiator des Reaktortyps von Lucens, angekündigt, diesen Reaktortyp endgültig aufzugeben.

Lucens-Typ ohne Zukunft

So war also der Versuchsreaktor von Lucens als kommerzielle Realität bereits abgeschrieben und daher ohne Zukunft, noch ehe er den Versuchsbetrieb aufnahm. Dennoch erschien es in Anbetracht des Arbeitsfortschritts nur konsequent, dieses Unterfangen zu Ende zu führen, weil man *«erst beim Schmieden zum Schmied wird»*. Im Falle von Lucens bedeutete dies, daß die hier – bei Herstellung, Montage und Inbetriebsetzung verschiedener Anlageteile hinsichtlich nuklearer Qualität oder in bezug auf die beim Umgang mit kerntechnischen Stoffen erforderliche Sauberkeit – erworbenen Erfahrungen beim Bau der Leichtwasserreaktoren in der Schweiz ihren Niederschlag gefunden haben. Für die Betreiber von Lucens wie für die Industriefirmen waren auch Planung und Ausführung von Eingriffen am havarierten Reaktor eine Herausforderung und sicher lehrreicher als die Weiterführung eines Routinebetriebs bis zur Erschöpfung des Brennstoffs, wie dies vor der Störung vorgesehen gewesen war. In der Tat wurde Lucens auch «touristisch» interessant in dem Sinne, als Spezialisten aus zahlreichen Ländern anreisten, um sich informieren zu lassen, wie sich die «kleine Schweiz» beim Abbruch von Reaktoren zu helfen wußte, einem Gebiet, auf dem es zu jenem Zeitpunkt weltweit noch an Erfahrung fehlte.

Erfahrungen gesammelt

Bleibt noch festzustellen, daß dieser Störfall zu jener Zeit bei weitem nicht das öffentliche Echo fand, wie dies zehn Jahre später der Fall gewesen wäre, etwa anläßlich des ähnlichen, weil nur Sachschaden verursachenden Störfalls von Three Mile Island in den USA.

Wenig öffentliches Echo

ELEKTRIZITÄT

AUS WASSERKRAFT, UNSER NATIONALES G

9. Kapitel

Strom aus Wasser- und Kernkraft

Elektrizität aus heimischer Wasserkraft wurde um das Jahr 1900 neben importierter Kohle zu einem Tragpfeiler nicht nur der Schweizer Energiewirtschaft, sondern der Industrie des Landes überhaupt. Außerdem bedeutete sie Unabhängigkeit vom Ausland. Als infolge des steigenden Strombedarfs nach dem Zweiten Weltkrieg die Wasserkräfte nicht mehr ausreichten, projektierte die Elektrizitätswirtschaft konventionell-thermische Kraftwerke mit Öl oder Kohle als Brennstoff. Widerstand der Bevölkerung an den vorgesehenen Standorten, die um die Luftqualität fürchtete, sowie der erklärte Wunsch der Bundesregierung, aus Gründen des Umweltschutzes wie der Versorgungssicherheit diese Stufe zu überspringen und gleich die Kernenergie zu nutzen, bewegte die Elektrizitätswirtschaft zur Umorientierung. Als in den Jahren 1964 bis 1966 die ersten Kernkraftwerke bestellt wurden, und als diese 1969 bis 1972 in Betrieb gingen, wurde dies von Umweltschutzkreisen ausdrücklich begrüßt. Opposition gegen die Kernenergie entzündete sich erst 1970 an der Frage, ob das geplante Kernkraftwerk in Kaiseraugst mit Rheinwasser oder über einen Kühlturm gekühlt werden solle. Von da an wurde die Kernenergie zum landesweiten Politikum.



Elektrizität aus Wasserkraft wurde nach der Jahrhundertwende zum Motor und zugleich zum Symbol der stetigen wirtschaftlichen Aufwärtsentwicklung der Schweiz.

In der Schweiz setzte das Zeitalter der Elektrizität früh und bescheiden ein: 1879 wurde in St. Moritz eine 7-Kilowatt-Anlage zur Beleuchtung des Hotels Kulm in Betrieb genommen, und als erstes richtiges «Kraftwerk» folgte 1882 in Lausanne eine Anlage mit 130 Kilowatt Leistung zur Trinkwasserförderung und zur Beleuchtung der Stadt. Die Wasserkraft, als einzige einheimische Energie neben dem Brennholz, die schon seit dem Mittelalter eine Rolle zum mechanischen Antrieb von Maschinen gespielt hatte, erhielt mit der nun möglich gewordenen Umwandlung in Elektrizität eine neue Dimension. Und umgekehrt konnte sich dank eben dieser Wasserkraft von der Jahrhundertwende an die Elektrizität zu einem Pfeiler der modernen Energiewirtschaft entwickeln. Bereits 50 Jahre später nahm dann die Frage der Stromerzeugung aus anderen Quellen – Kohle, Öl und Kernkraft – eine zentrale Stellung in der schweizerischen Politik ein.

«Weiße Kohle» – Garant der Unabhängigkeit

Die rasante Entwicklung der Elektrizität in der Schweiz in den letzten 80 Jahren – von einer Milliarde Kilowattstunden im Jahr 1910 auf mehr als 45 Milliarden Kilowattstunden 1990 – läßt sich durch die zweifache Attraktivität dieser Energieform erklären. Einerseits brachte die Elektrizität ihre Vorzüge, vor allem Flexibilität und Sauberkeit, in Fabrik und Heim. Andrerseits entstand sie als «Weiße Kohle» aus der einheimischen Energiequelle Wasserkraft, was gleichbedeutend mit Unabhängigkeit vom Ausland ist. In den 30er- und 40er-Jahren trug aus Deutschland kommende «schwarze» Kohle noch mehr als 50 Prozent zum Primärenergiebedarf der Schweiz bei, und während des Zweiten Weltkriegs wurden die Kohlelieferungen vom Hitler-Regime regelmäßig bei Wintereinbruch als «Waffe» benutzt, um wirtschaftliche oder finanzielle Zugeständnisse zu erzwingen. Daraus zog der Bundesrat die Lehre, *«Nie wieder!»* derart einseitig abhängig zu sein.

Von der Wasserkraft zum Öl?

Nach 1945: Ölkraftwerke?

Die Nachkriegszeit wurde von einem immer billiger werdenden Energieträger geprägt, dem Erdöl: Es eroberte den Wärmemarkt und beherrschte den wachsenden Transportsektor. Warum sollte die Schweiz, wie die meisten anderen Länder, ihren zunehmenden Strombedarf nicht ebenfalls mit Öl decken? Und tatsächlich wurden einige Schritte in Richtung «thermisch-konventionelle», d.h. mit Öl oder Kohle befeuerte Kraftwerke unternommen.

1950 verfügten die schweizerischen Elektrizitätswerke der Allgemeinversorgung über solche Kraftwerke mit insgesamt

rund 160 Megawatt elektrischer Leistung, unter denen die beiden Werke Beznau mit zusammen 40 Megawatt und Weinfelden mit 20 Megawatt – alle im Besitz der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG (NOK) – die größten waren. Daneben verfügte die Industrie über thermische Stromerzeugungsanlagen mit rund 50 Megawatt Gesamtleistung, so daß die summierte Leistung aller thermischen Kraftwerke etwa 210 Megawatt ausmachte.

1950: 210 MW ölthermisch

Chavalon

Als sich gegen Ende der 50er-Jahre abzeichnete, daß die wirtschaftlich nutzbaren Wasserkräfte bald voll beansprucht sein würden, projektierten Elektrizitätswerke und Ingenieurfirmen mehrere konventionell-thermische Kraftwerke mit je einigen hundert Megawatt. Von diesen Großanlagen wurde jedoch einzig das 284-Megawatt-Kraftwerk Chavalon bei Vouvry im Wallis gebaut und 1966 in Betrieb genommen.

Weitere Projekte

Chavalon war jedoch eine schwierige Geburt. Geplant von der Elektrizitätsgesellschaft Energie de l'Ouest-Suisse SA (EOS), sollte es ursprünglich in der Rhone-Ebene bei Aigle zu stehen kommen und einen Teil jenes Schweröls verbrennen, das in der projektierten Erdölraffinerie in Collombey-Muraz anfallen würde. Da über die Auswirkungen von Raffinerien und großen thermischen Kraftwerken auf die Umwelt damals in der Schweiz keine Erfahrungen vorlagen, setzte das Eidg. Gesundheitsamt im Oktober 1959 eine Expertenkommission ein. Prof. Jean Lugeon, Direktor der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt, kam aufgrund eingehender Untersuchungen der meteorologischen Verhältnisse in der Rhone-Ebene zum Ergebnis, daß das Kraftwerk in Aigle einen 300 Meter hohen Kamin erhalten müßte! Daher wollte die EOS das Kraftwerk nun am Berghang bei der Porte du Scex errichten und die Abgase in einem «Fumoduc», einem Schacht im Innern des Berges, bis auf die geforderte Höhe leiten. Wegen der beträchtlichen damit verbundenen technischen Schwierigkeiten wurde diese Lösung ebenfalls aufgegeben, und schließlich errichtete man das Kraftwerk auf dem Bergplateau Chavalon, rund 500 Meter über der Talsohle. Das benötigte Schweröl wird von der Raffinerie in einer elf Kilometer langen Rohrleitung in erwärmtem Zustand herangebracht. Auch das Wasser für die vier mit Ventilatoren ausgerüsteten Kühltürme muß aus der Rhone-Ebene hinaufgepumpt werden.

Nur Chavalon verwirklicht

Statt 300-m-Kamin: 500 m über Talsohle

4 Kühltürme

Alle Projekte von thermischen Kraftwerken lösten damals bei der betroffenen Bevölkerung Befürchtungen wegen der zu



Das ölthermische Kraftwerk Chavalon mit 284 Megawatt Leistung auf einem Bergplateau 500 Meter über der Sohle des Rhone-Tals. Im Hintergrund der Genfersee. Chavalon benötigt zur Kondensatorkühlung vier Kühltürme, die zur Verringerung der Baugröße mit je einem großen Ventilator arbeiten, der Kühlluft ansaugt. Das dabei verdunstete Wasser wird durch Wasser aus der Rhone-Ebene ersetzt.

erwartenden Luftverschmutzung aus und stießen daher auf bedeutenden Widerstand.

Steter Rückgang des Stroms aus Öl

Bis 1980 wuchs die Gesamtleistung aller konventionell-thermischen Kraftwerke auf rund 700 Megawatt an, wovon ungefähr 600 Megawatt auf 27 Werke der Allgemeinversorgung und der Rest auf 30 industrielle Werke entfallen. In den letzten Jahrzehnten ist die Stromerzeugung in diesen thermischen Kraftwerken von 1,8 Milliarden Kilowattstunden 1970 auf ungefähr eine Milliarde Kilowattstunden 1990 zurückgegangen (nachdem 1973 mit 2,4 Milliarden Kilowattstunden ein nie mehr erreichter Spitzenwert verzeichnet worden war).

Elektrizitätswirtschaft kritisch gegenüber Kernenergie

Angst vor der Kohlewaffe

Die Versorgungsschwierigkeiten mit dem Hauptenergieträger Kohle während des Zweiten Weltkriegs hatten die Bedeutung einer unabhängigen Energieversorgung vor Augen geführt. Daher holte das Eidg. Post- und Eisenbahndepartement kurz nach Kriegsende einen Bericht zur friedlichen Atomenergienutzung ein. Am 18. September 1945 lieferten die beiden ETH-Professoren Bruno Bauer, zugleich Verwaltungsrat der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG (NOK), und Franz Tank ein Gutachten über «Die mutmaßliche Entwicklung in der Nutzung der Atomkernenergie und ihr Einfluß auf die schweizerische Energiewirtschaftspolitik» ab.

«Ich arbeite gegenwärtig an einer Reihe von Dokumentarfilmen über europäische Probleme. Für den Film, der unser Energieproblem erklären soll, habe ich die Darstellung einer bestimmten Episode in Trickbildern vorgesehen: Es sitzen da einige Schweizer im Wirtshaus beim Jass. Der Rundfunk spricht über europäische Vereinigung. Unsere Schweizer lächeln; es geht sie nichts an. Bei ihnen steht alles zum Besten, sie sind unabhängig, wenn die andern sich nicht allein zu helfen wissen, sollen sie sich miteinander verbünden, das ist doch ihre Sache. Hier greift die Zeichnung ein. Man sieht Herrn Nasser lachend den Suezkanal abschnüren und so die Öltransporte unterbinden. Alsbald steht der Verkehr in unseren Schweizer Städten still. Nasser öffnet die Faust, und die Wagen setzen sich wieder in Bewegung. Er schließt den Kanal abermals, und wieder stehen die Wagen still ... Die Atomenergie ist die durch unseren Genius, durch unsere europäischen Gelehrten geschaffene Antwort auf die Herausforderung einer Menschheit, deren Wissenschaft, Hygiene und Technik die materiellen Bedürfnisse und Ansprüche maßlos zu steigern begannen.»

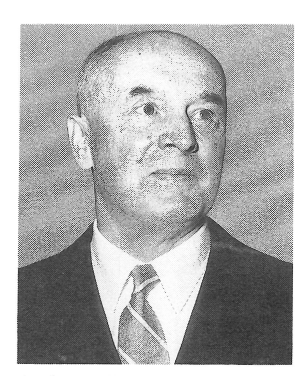
Denis de Rougemont, Direktor des Centre Européen de la Culture, am 30. Juni 1959 vor dem 11. Kongreß der Internationalen Vereinigung der Stromproduzenten UNIPEDE.

Widersprüchliche Gutachten

Im Gegensatz zu ihrem Kollegen Paul Scherrer, der gleichzeitig ein Gutachten zum selben Thema für die Kriegstechnische Abteilung des Eidg. Militärdepartement verfaßt hatte, zeigten sich Bauer und Tank viel kritischer gegenüber der baldigen Nutzung der Kernenergie. Nur Großanlagen für Grundlast-Energie kämen überhaupt in Frage. *«Trotzdem werden Hoffnungen laut werden, es könne in Zukunft anstelle der projektierten hydraulischen Speicherwerke die Errichtung kernenergiebelieferter thermischer Großkraftanlagen treten. Diese Erwartungen müssen aus drei Erwägungen scheitern: in privatwirtschaftlicher Hinsicht an der Unwahrscheinlichkeit der Erzielung eines wettbewerbsfähigen Energiepreises, in volkswirtschaftlicher Hinsicht am Widersinn, unsere Elektrizitätsversorgung unter Verzicht auf die landeseigene Energie in die Abhängigkeit vom Ausland zu bringen und endlich in weltwirtschaftlicher Betrachtung am Fehlschluß, die zeitlich unbegrenzte Wasserkraft durch den Gebrauch von Kernenergie sehr beschränkten Vorrats ersetzen zu wollen. Wir dürfen daher unsere bisherige Wasserwirtschaftspolitik in gleicher Richtung weiterführen.»*

E-Werke bis 1955 ablehnend

Nicht zuletzt aufgrund dieses Gutachtens stand die schweizerische Elektrizitätswirtschaft der Atomenergie während geraumer Zeit zwischen 1945 und etwa 1955 skeptisch, ja sogar ablehnend gegenüber. Diese Haltung kam auch an der Generalversammlung des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) von 6. September 1947 deutlich zum Ausdruck. Arthur Winiger, Direktor der Elektrowatt, Elektrische und Industrielle Unternehmung AG, und später einflußreicher Verfechter der Kernenergienutzung, nahm


Arthur Winiger, Direktor der Elektrowatt, äußerte sich 1947 eher skeptisch zur Atomenergie, setzte sich aber später für ihre Nutzung ein.

eindeutig Stellung: «*A priori ist das Atomkraftwerk gegenüber der normalen thermischen Anlage zusätzlich belastet mit einem komplizierten Wärmeaustauscher und kostspieligen Vorkehren für den Schutz des Bedienungspersonals. Beides wirkt sich im Sinne einer Erhöhung der Investitionskosten und einer Verschlechterung des thermischen Wirkungsgrades aus. Dabei ist den umfangreichen chemischen und mechanischen Nebenbetrieben des Atomofens, die der Regeneration und Aufarbeitung des Brennstoffes dienen, noch nicht Rechnung getragen. (...) Die Investitionskosten einer Anlage für die Erzeugung von Elektrizität aus Kernenergie werden aller Voraussicht nach höher sein als diejenigen einer gewöhnlichen thermischen Anlage. Ersparnisse sind also nur durch die Reduktion der Brennstoffkosten zu erzielen. (...) Die Lösung für unser Land lautet deshalb nach wie vor: Höchstmöglicher Ausbau der Wasserkräfte und Staubecken und eine gute, überlegte Abschreibungspolitik, um die Kapitalkosten der hydraulischen Anlagen im Laufe der Jahre so zu verringern, daß uns auch die größten Überraschungen auf dem Gebiete der Atomkernforschung nichts mehr anhaben können.*»

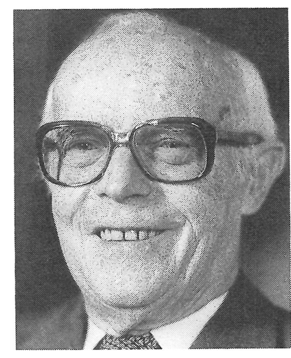
60er-Jahre: Widerstand gegen Ölkraftwerke

Mitte der 50er-Jahre machte jedoch die Elektrizitätswirtschaft eine Kehrtwendung und begann, nukleare Forschungsprojekte zu unterstützen. Zu Beginn der 60er-Jahre sah sie sich dann mit erheblichem Widerstand gegen neu projektierte ölthermische Anlagen konfrontiert. Zu den lokalen und regionalen Protesten gegen diese Projekte kamen noch grundsätzliche Bedenken der schweizerischen Landesregierung, die es als nachteilig ansah, sich in bezug auf die Stromversorgung in die Abhängigkeit von ausländischem Erdöl zu begeben. Zudem befürchtete sie eine gefährliche Luftverschmutzung durch konventionell-thermische Anlagen.

Bundesrat will direkt zur Kernenergie

Bundesrat: fördert Atomenergie

Bereits in den Kriegsjahren hatten die Bundesbehörden umfassende Vorbereitungen getroffen, um Forschung und Entwicklung in den Dienst industrieller Verwendung zu stellen, den wissenschaftlichen Nachwuchs zu unterstützen und die Schaffung neuer Industrien und Arbeitsplätze zu begünstigen. 1945 wurde die Eidgenössische Studienkommission für Atomenergie gegründet, und im Sommer 1946 beantragte der Bundesrat im Parlament einen ersten Bundesbeschluß zur Förderung der Forschung auf dem Gebiete der Atomenergie. In diesem Rahmen wurden bis Mitte der 50er-Jahre viele Forschungsprogramme und Reaktorprojekte mit beträchtlichen finanziellen Mitteln unterstützt (s. 2. und 5. Kapitel).



Bundesrat Willy Spühler, 1963 und 1968 auch Bundespräsident, ermahnte 1964 die Elektrizitätswirtschaft, «unmittelbar auf den Bau von Atomkraftwerken zuzusteuern».

In seinem Geschäftsbericht für das Jahr 1963 schrieb der Bundesrat: «*Der Augenblick ist in der Tat gekommen, da ernsthaft und unverzüglich zu prüfen ist, ob auf die kurzfristig gedachte Zwischenstufe von konventionellen thermischen Kraftwerken nicht verzichtet und unmittelbar auf den Bau und die Inbetriebnahme von Atomkraftwerken zugesteuert werden sollte. Die schweizerische Elektrizitätswirtschaft steht heute und nicht erst morgen vor der endgültigen Entscheidung, die Elektrizitätserzeugung inskünftig auf Wasserkraft- und Atomenergie abzustützen und beide Energieträger in ein rationelles System der gegenseitigen Ergänzung einzubauen.* »

Mehrere Gründe

Auch im allgemeinen Überblick zur Innenpolitik des Geschäftsberichts 1964 führte der Bundesrat aus, die schweizerische Elektrizitätswirtschaft stehe vor der Frage, aus welchen Energiequellen der jährlich um fünf bis sechs Prozent steigende Elektrizitätsbedarf in Zukunft gedeckt werden solle, und kam dabei zum Schluß, daß sowohl aus kriegswirtschaftlichen Erwägungen als auch aus Gründen der Kostenentwicklung wie der Reinhaltung der Luft vom Endausbau der Wasserkräfte unmittelbar zum Bau von Atomkraftwerken überzugehen, die Zahl der thermischen Kraftwerke aber möglichst klein zu halten sei.

Diesen Standpunkt hatte Bundesrat Willy Spühler, sozialdemokratischer Politiker und Vorsteher des Eidgenössischen Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartementes in diesem für die Kernenergie wichtigen Jahr 1964 mehrmals vertreten.

Differenzen Bundesbehörden/ E-Werke

Zwischen den Bundesbehörden und der Elektrizitätswirtschaft kam es sogar zu heftigen Auseinandersetzungen, mit einem Höhepunkt an der Jubiläumsveranstaltung 1964 des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE) in Sitten. Bundesrat Willy Spühler stellte fest, daß «*zwischen der herrschenden Auffassung in Ihren Kreisen und derjenigen der Bundesbehörden gewisse Differenzen bestehen*» und daß nun «*unmittelbar auf den Bau und die Inbetriebnahme von Atomkraftwerken zugesteuert werden*» solle. Hingegen setzte sich der Präsident des VSE, Direktor Savoie von der Bernische Kraftwerke AG (BKW), für die Erstellung von etwa drei thermischen Kraftwerken ein.

NOK bestellt Beznau

Kurz darauf erledigte sich die Angelegenheit jedoch von selbst: Die NOK verkündete den Baubeschluß für das Kernkraftwerk Beznau (die BKW jenen für Mühleberg zwei Jahre darauf, 1966).

Fünf Jahre später kommen im Geschäftsbericht 1969 des Bundesrates Freude und Genugtuung über die Lage der Stromerzeugung im Lande zum Ausdruck: «*Mit der*

Inbetriebnahme des Kernkraftwerkes Beznau I der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG hat auch in der Schweiz das Atomzeitalter begonnen. Zusammen mit zwei weiteren im Bau befindlichen Kernkraftwerken (Beznau II und Mühleberg) wird die Schweiz von 1972 an jährlich 7 Mrd. kWh atomare Elektrizität zu erzeugen vermögen und damit vorübergehend über die höchste nukleare Stromproduktion pro Einwohner in Europa verfügen. Da der Elektrizitätsverbrauch unseres Landes Jahr für Jahr um 1 bis 1 1/2 Mrd. kWh ansteigt, trifft es sich sehr glücklich, daß die Atomenergie in dem Augenblick konkurrenzfähig geworden ist, in dem unsere wirtschaftlich nutzbaren einheimischen Wasserkräfte praktisch ausgebaut sind. Alles deutet darauf hin, daß das mit Schweröl befeuerte thermische Kraftwerk Chavalon in Vouvry (Wallis) die einzige größere konventionell-thermische Anlage in der Schweiz bleiben wird, und daß die Atomenergie die weitere Verbrauchszunahme an elektrischer Energie zu decken haben wird. Wir begrüßen dies nicht nur unter dem Gesichtspunkt der Reinhaltung der Luft, sondern auch, weil damit vermieden wird, daß unsere Elektrizitätsproduktion ebenfalls in die Abhängigkeit der Erdölprodukte gerät, decken diese doch heute schon mehr als drei Viertel unseres gesamten Energiebedarfs. Erfreulich ist dabei auch die Tatsache, daß die einheimischen Industrie- und Bauunternehmungen es verstanden haben, sich in die Entwicklung einzuschalten, so daß sie den weit überwiegenden Teil der Bauten und Ausrüstungen der Kernkraftwerke bereitzustellen in der Lage sind.»

1969: Bundesrat befriedigt

Luftreinhaltung und Unabhängigkeit

Umweltschutz-Organisationen für Kernenergie

Die noch in weiteren Geschäftsberichten des Bundesrates zum Ausdruck kommende eindeutige Stellungnahme zugunsten der Atomenergie stieß in der Bundesversammlung auf keine Opposition. Auch der Bau der ersten Kernkraftwerke Beznau I und II sowie Mühleberg begegnete – im Gegensatz zu Projekten für ölthermische Kraftwerke – in der Bevölkerung keinerlei Widerstand. Um den Standort des Versuchsatomkraftwerks der Nationalen Gesellschaft zur Förderung der industriellen Atomtechnik mit einem Reaktor schweizerischer Konstruktion entbrannte sogar ein Wettstreit zwischen der deutschen und der welschen Schweiz, aus dem schließlich Lucens (VD) als Sieger hervorging (s. 8. Kapitel). Die einzige lebhafte Kontroverse war von 1960 bis 1964 zwischen den Bundesbehörden und der Elektrizitätswirtschaft über die Frage geführt worden, ob im Übergang von der Wasserkraft zur Kernenergie eine Zwischenphase mit einigen konventionell-thermischen Kraftwerken einzulegen sei.

Keine Opposition zur Kernenergie

Als die Pläne für die Erstellung der ersten schweizerischen Atomkraftwerke in Beznau und Mühleberg bekanntgegeben wurden, fanden diese Projekte nicht nur in den Standortgemeinden und deren Umgebung, sondern ganz allgemein in der Öffentlichkeit eine sehr günstige Aufnahme. Da die Nutzung der Wasserkräfte immer stärker mit dem Natur- und Landschaftsschutz in Konflikt geriet, und weil die Gefahr der Umweltbelastung durch konventionell-thermische Anlagen erkannt worden war, begrüßte die öffentliche Meinung die AKW-Vorhaben als willkommene Ergänzung zur Wasserkraft und als moderne Alternative zu Öl- oder Kohlekraftwerken. Für die Bevölkerung der Standortgemeinden standen zudem die mit dem Bau und Betrieb nuklearer Anlagen verbundenen wirtschaftlichen Vorteile im Vordergrund.

Ergänzung zur Wasserkraft

Eine wesentliche Unterstützung war auch die entschieden befürwortende Haltung des von Nationalrat Jakob Bächtold präsidierten Schweizerischen Bundes für Naturschutz (SBN). In der Ausgabe der SBN-Zeitschrift «Naturschutz» vom Februar 1966 legte der Naturschutzrat, das Parlament dieser Organisation, seine Stellungnahme zur schweizerischen Energiepolitik wie folgt dar: *«Der Naturschutzrat hat sich in seiner Sitzung vom 11. Dezember 1965 erneut mit der Wirkung von Kraftwerkbauten auf Natur und Landschaft beschäftigt. Er stellt fest, daß sich heute der Bau von neuen Wasserkraftwerken nicht mehr rechtfertigt. Zu dieser Überzeugung führen auch volkswirtschaftliche, technische und finanzielle Überlegungen. Der daraus erwachsende Gewinn steht in keinem Verhältnis zu den Schäden in bezug auf den Wasserhaushalt und die Landschaft, nicht zuletzt weil sich neue Möglichkeiten der Energiebeschaffung bieten. Der Naturschutzrat warnt ebenso eindringlich vor den Gefahren der Luftverunreinigung durch thermische Kraftwerke und unterstützt die vom Bundesrat mehrfach zum Ausdruck gebrachte und vom SBN seit Jahren vertretene Auffassung, direkt den Schritt zur Gewinnung von Atomenergie zu tun, wie er bereits von einigen großen schweizerischen Elektrizitätsgesellschaften eingeleitet ist. Unsere Bevölkerungsdichte ist bereits so hoch, daß die Erhaltung von reinem Wasser und reiner Luft, aber auch von natürlicher Landschaft zu einer dringenden staatspolitischen Aufgabe geworden ist.»*

SBN: gegen Wasserkraft, ...

... für Atomenergie

Die Veröffentlichung weiterer Atomkraftwerk-Projekte, nämlich Kaiseraugst und Leibstadt, blieb anfänglich wiederum ohne Widerspruch. Wohl ersuchte im Juli 1966 die Regierung des Kantons Basel-Stadt den Bundesrat im Hinblick auf Kaiseraugst um Auskunft über mögliche Auswirkungen, die Nuklearanlagen am Hochrhein auf die Trinkwasserversorgung haben könnten, und über die Gefährlichkeit der Abgabe

Kaiseraugst anfänglich unwidersprochen

radioaktiver Stoffe an die Umwelt, doch konnten die Arbeiten auch für dieses Vorhaben zunächst vorangetrieben werden, ohne daß sich die Öffentlichkeit damit groß auseinandersetzte.

Ende 60er-Jahre: erster Widerstand

In der zweiten Hälfte der 60er-Jahre begannen Einzelpersonen aus der Bevölkerung gegen die Errichtung von Atomkraftwerken Opposition zu machen. Weder eine politische Partei noch ein Fachverband oder eine bestehende Organisation machte sich aber zum Wortträger des Widerstandes. Mit der Zeit bildeten sich lose Vereinigungen, Aktionskomitees und Bürgerinitiativen, die trotz gleicher Zielsetzung zum Teil unterschiedliche gesellschaftpolitische Vorstellungen vertraten.

Kaiseraugst

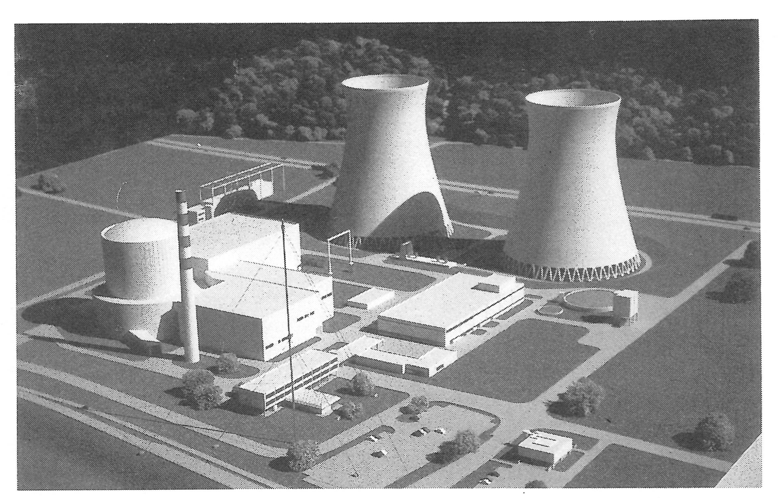
1969: Basel gegen Flußkühlung

In der ehemals römischen Garnisonsstadt Kaiseraugst am linken Rheinufer oberhalb Basels wurde die öffentliche Diskussion auf lokaler und regionaler Ebene im März 1968 ausgelöst, als der Bericht der Expertenkommission Baldinger zur Problematik der direkten Flußwasserkühlung erschien. Die daraufhin entstandene Kontroverse führte schließlich zu einer vom Großen Rat des Kantons Basel-Stadt im Mai 1969 einstimmig beschlossenen Resolution, mit welcher der Regierungsrat aufgefordert wurde, *«bei den Behörden der Eidgenossenschaft und der betroffenen Kantone vorstellig zu werden, damit keine Bewilligungen für den Bau und den Betrieb von Atomkraftwerken, die öffentliche Gewässer als Kühlwasser verwenden oder die geeignet sind, in irgendeiner Weise gesundheitsschädigend zu wirken, erteilt werden»*.

Gemeinde lehnt Umzonung ab

Zu diesem Zeitpunkt hatte die Havarie im Versuchsatomkraftwerk Lucens landesweit die Öffentlichkeit aufgeschreckt (s. 8. Kapitel) und in den Medien viele kritische Berichte nach sich gezogen. Die dadurch bewirkte Verunsicherung dürfte nicht unwesentlich dazu beigetragen haben, daß die Bürgerschaft von Kaiseraugst, die sich einige Jahre zuvor mit Erfolg gegen ein ölthermisches Kraftwerk gewehrt hatte, in der Gemeindeversammlung vom 15. Juni 1969 die beantragte Umzonung des für das Atomkraftwerk vorgesehenen Baugeländes in die Industriezone mit 46 zu 45 Stimmen bei 25 Enthaltungen ablehnte. Indessen erreichte diese Entscheidung das für die Gültigkeit erforderliche Quorum nicht, so daß der Gemeinderat auf den 17. August 1969 eine Urnenabstimmung zur selben Frage ansetzte.

Der im Vorfeld der nochmaligen Ausmarchung einsetzende Meinungsstreit wurde zum Beginn des organisierten Wider-



Modell des Kernkraftwerks Kaiseraugst nach der Umplanung von Flußkühlung auf zwei Kühltürme.

standes gegen das Projekt Kaiseraugst und gegen die Kernenergie in der Schweiz insgesamt. Erstmals formierte sich eine Bürgerinitiative, die unter der Bezeichnung «Kaiseraugster für ein gesundes Wohnen» die Risiken von Atomkraftwerken überzeichnete. In ihrer Argumentation stützte sich diese Oppositionsgruppe zur Hauptsache auf antinukleare Veröffentlichungen aus den Vereinigten Staaten und aus der Bundesrepublik Deutschland.

Der Widerstand organisiert sich

Obwohl die Gruppe durch Exponenten des Schweizerischen Vereins für Volksgesundheit und durch eine Bürgerbewegung aus dem Raum Rheinfelden intensiv unterstützt wurde, befürworteten in der Urnenabstimmung vom 17. August 1969 immerhin 174 Kaiseraugster Stimmberechtigte die Einzonung des vorgesehenen Baugeländes, während 125 den Antrag ablehnten. Diesem Abstimmungsergebnis folgte am 15. Dezember 1969 die Erteilung der Standortbewilligung für das Projekt Kaiseraugst durch das Eidgenössische Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement.

Umzonung und Standortbewilligung

Mit der Inbetriebnahme des ersten kommerziellen Kernkraftwerks, der Anlage Beznau I, wurde das Jahr 1969 nicht nur zu einem Meilenstein in der Entwicklung der Kerntechnik in der Schweiz. Mit dem ersten organisierten Widerstand gegen das Projekt Kaiseraugst brachte jenes Jahr auch den Auftakt zur anhaltenden Auseinandersetzung um die Nutzung der Kernenergie in der Schweiz – ein zunächst lokales und regionales Problem entwickelte sich zu einem nationalen Politikum, welches die schweizerische Wirtschaft und Politik während der nächsten 20 und mehr Jahre beschäftigen sollte (s. auch Nachwort).

1969: doppelte Wende



10. Kapitel

Beznau: der erste Druckwasserreaktor

Zur Deckung des prognostizierten Strombedarfs begann die Nordostschweizerische Kraftwerke AG (NOK) 1963 intensive Vorarbeiten für ein Öl- wie für ein Atomkraftwerk. Als das Projekt für ein Ölkraftwerk im Rheintal aus Gründen des Umweltschutzes auf starke Opposition stieß, entschied sich die NOK 1964 für den Bau eines 350-Megawatt-Atomkraftwerks mit Druckwasserreaktor und Flußwasserkühlung in Beznau am Unterlauf der Aare. Nach Baubeginn 1965 nahm Beznau I als erstes Atomkraftwerk in der Schweiz Ende 1969 den Betrieb auf. Schon 1968 war unmittelbar daneben der zeichnungsgleiche Block Beznau II begonnen worden, der 1972 in Betrieb ging.

NOK 1954/55: welche Kraftwerke?

Die Nordostschweizerische Kraftwerke AG (NOK), spätere Bauherrin des Kernkraftwerks Beznau, erwähnte das Thema Kernenergie offiziell erstmals in ihrem Geschäftsbericht 1954/55. Wie andere Schweizer Elektrizitätsunternehmen stand auch die NOK damals vor der Frage, mit welcher Art von Kraftwerken sie den zu erwartenden weiteren Anstieg des Strombedarfs decken solle und könne. 1954 war der erste sowjetische Leistungsreaktor, der 5-Megawatt-Block APS-1 Obninsk, in Betrieb gegangen, und die erste 50-Megawatt-Einheit des britischen Atomkraftwerks Calder-Hall A näherte sich der Fertigstellung.

Beobachten und abwarten

Noch vermochte niemand mit Gewißheit zu sagen, zu welchem Zeitpunkt die neue Energiequelle wirtschaftlich sein werde. Also würde die NOK, wie die anderen Elektrizitätsversorger auch, erst einmal beobachtend abwarten und alle Möglichkeiten offenhalten. In diesem Sinne trat die NOK im Geschäftsjahr 1954/55 einem Konsortium für Erdölforschung in der Schweiz bei, zumal ihrem Kraftwerkpark seit Ende der 40er-Jahre auch die beiden ölbefeuerten Gasturbinen-Anlagen Beznau mit 40 und Weinfelden mit 20 Megawatt elektrischer Leistung angehörten (diese Gasturbinen waren im kalten Winter 53/54 im Dauerbetrieb gestanden, um die angespannte Versorgungslage bewältigen zu können). Und 1955 beteiligte sich die NOK auch an der Reaktor AG (s. 4. Kapitel).

Standortbestimmung 1957

Jährlich 7 % Mehrbedarf

Im Mai 1957 nahm die NOK eine grundlegende Standortbestimmung vor, zu einem Zeitpunkt also, in dem die beiden weltweit ersten Kernkraftwerke der 50-Megawatt-Klasse, Calder-Hall A und B, in Großbritannien eben den Betrieb aufgenommen hatten. Seit dem 2. Weltkrieg hatte sich der Stromabsatz im NOK-Versorgungsgebiet etwa verdoppelt, und alle Anzeichen deuteten darauf hin, daß man weiterhin mit dem entsprechenden Anstieg von durchschnittlich sieben Prozent im Jahr rechnen müsse. Die NOK nahm an, daß Westeuropa einem allgemeinen Energiemangel zutreibe. Einerseits war nämlich absehbar, daß in der Schweiz wie in anderen bis dahin vor allem auf Wasserkraft bauenden Ländern diese nicht genügen würde, um die rasche Strombedarfszunahme zu decken. Andererseits waren die westeuropäischen Länder bereits außerstande (oder würden es in Bälde sein), den Brennstoff für die rasch wachsende Zahl von Kohle- und Ölkraftwerken selbst zu fördern.

Energiemangel in Europa?

Unter solchen Umständen erschien es verständlich, daß diese Länder auf die Kernenergie hofften in der Erwartung, diese werde *«noch in zwölfter Stunde einspringen können, ehe der Energiemangel die gesamte wirtschaftliche Entwicklung zu hemmen beginne»*; wie sich das NOK-Management ausdrückte. Die NOK war nunmehr überzeugt, daß man der Entwicklung nicht länger einfach zuschauen dürfe, sondern aktiv an der Eingliederung der Atomenergie in die Elektrizitätswirtschaft mitwirken müsse. Man war sich auch klar darüber, daß ein Vorhaben in dieser Richtung – sei das ein Versuchsreaktor oder ein internationales Projekt auf Schweizer Boden – erhebliche finanzielle Opfer und Risiken mit sich bringen würde, beispielsweise, wenn die Anlage nicht von Anfang an technisch und wirtschaftlich voll befriedigen sollte. Der Einsatz würde jedoch umso kleiner ausfallen, je größer der Interessentenkreis gezogen würde.

Atomenergie aktiv verfolgen

Prognosen 1963

Eine weitere, für die Zukunft entscheidende Beurteilung der energiewirtschaftlichen Lage nahm die NOK 1963 vor. Man prognostizierte den Bedarfszuwachs der nächsten zehn wie der nächsten 20 Jahre. Die Deckung sollte sich zwar in erster Linie auf den Weiterausbau der Wasserkraft stützen, wobei auch der Einfluß eines extrem trockenen Jahres auf die Produktion der Wasserkraftwerke berücksichtigt wurde. Zur Deckung des erwarteten Produktionsmankos wurde jedoch der Bau von Wärmekraftwerken in Aussicht genommen, sei es auf der Basis von Öl oder Atomenergie. Entsprechend dem damaligen Stand dieser Techniken rechnete man mit einer Jahresproduktion von 1,7 Milliarden Kilowattstunden und einer Leistung von 250 Megawatt pro Anlage.

Prognose 1963: Wärmekraftwerke nötig

Ergebnis dieser Prognosen und Überlegungen war, daß die NOK im Jahre 1974 einem ungedeckten Bedarf gegenüberstehen würde, der in nassen Jahren dem vollen Einsatz von einem, in trockenen und mittleren Jahren dem von zwei Wärmekraftwerken der angegebenen Leistung und Produktion entspräche. Für 1984 wurde die Unterdeckung im nassen Jahr auf vier, im trockenen und mittleren auf fünf solcher Anlagen veranschlagt. Anders gesagt, müßte ab etwa 1969/70 in Zeitintervallen von jeweils vier bis drei Jahren ein weiteres solches Wärmekraftwerk zur Verfügung stehen. Die Produktionsdifferenz der Wasserkraftwerke zwischen einem trockenen oder einem nassen Jahr, so nahm man an, würde sich mit Stromeinfuhren aus dem Ausland decken lassen.

Alle 3 bis 4 Jahre eine 250-MW-Anlage ?

Ab 1963: Vorarbeiten ...

Aufgrund dieser Untersuchungen des Jahres 1963 entschloß sich die NOK, die Vorarbeiten für ein Ölkraftwerk und für ein Atomkraftwerk mit aller Intensität voranzutreiben.

Standortfragen

... für ein Ölkraftwerk ...

Bei der Wahl des Standorts war zu bedenken, daß Öl- und Atomkraftwerke in mancher Beziehung unterschiedliche Anforderungen stellen. Für ein ölbefeuertes Kraftwerk ist der rationelle Antransport des Heizöls eine der wichtigsten Voraussetzungen, beträgt doch der jährliche Ölbedarf einer Anlage mit einer Jahresproduktion von 1,7 Milliarden Kilowattstunden rund 400.000 Tonnen. Dies ist nur auf dem Wasserweg oder mittels einer Ölpipeline auf wirtschaftliche Weise möglich. Da damals die Rohrleitung von Genua durch das St. Galler Rheintal zur bayerischen Raffinerie Ingolstadt vor der Betriebsaufnahme stand, drängten sich für ein Ölkraftwerk Standorte im St. Galler Rheintal auf. Näher ins Auge gefaßt wurden hier die Orte Sennwald und Rüthi, und im Gespräch war auch noch Sisseln am Rhein im Kanton Aargau. Diesem Vorhaben, an dem sie im Rahmen eines Konsortiums beteiligt war, maß die NOK jedoch nur geringe Realisierungschancen bei, weil von der Fricktaler Bevölkerung starker Widerstand ausging. Dieser hatte seinen Ursprung im «Fluor-Krieg» um die Emissionen aus der Aluminiumhütte in Badisch-Rheinfelden.

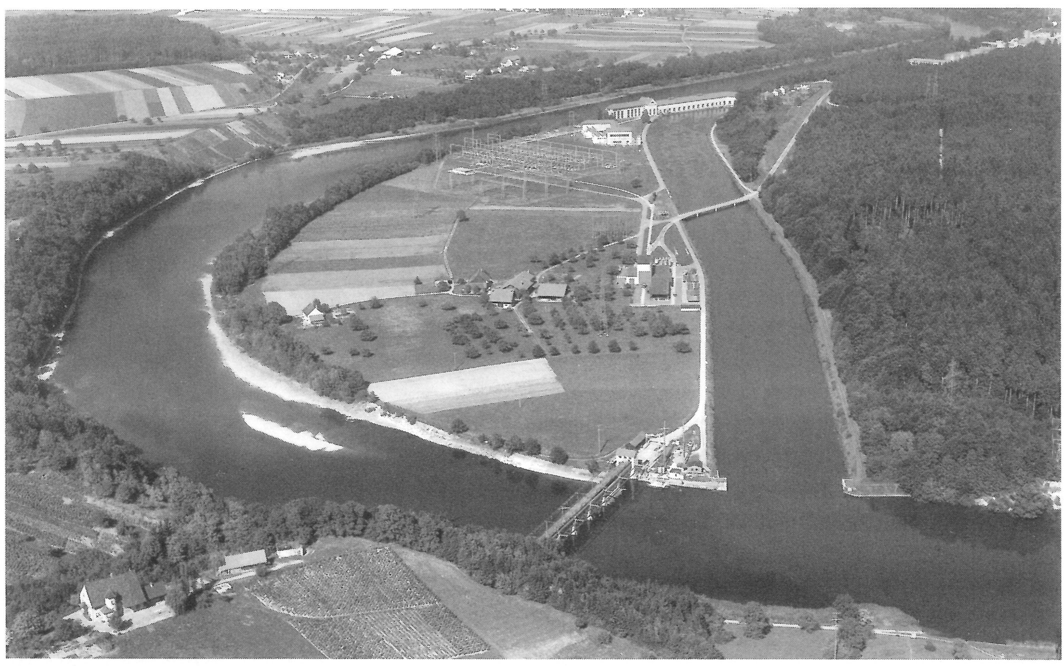
... und für ein Atomkraftwerk

Für ein Atomkraftwerk ist die Anlieferung des Brennstoffes kein Problem, benötigt man jährlich doch nur 10 bis 13 Tonnen Uran. Der bestrahlte Brennstoff muß allerdings in schweren Behältern wieder abtransportiert werden, wofür aber ein Gleis- oder Straßenanschluß genügt.

Beznau, Rüthi oder Sennwald ?

Hinsichtlich Kühlwassermenge dagegen bestehen kaum Unterschiede zwischen Öl- und Atomkraftwerk. Die für die vorgesehene Leistungsgröße maximal benötigten 25 Kubikmeter pro Sekunde standen sowohl in Sennwald und Rüthi aus dem Rhein wie in Beznau aus der Aare zur Verfügung – Beznau, wo die NOK ja schon ein Wasserkraftwerk und die bereits erwähnte Gasturbinenanlage betrieben, war nämlich als Standort für eine Atomanlage in der Diskussion. Beznau hatte den Vorteil, daß dank der Stau-Anlage des Wasserkraftwerkes das erforderliche Gefälle für das Kühlwasser bereits vorhanden war, während es in Sennwald und Rüthi erst mit leistungsfähigen Pumpen hätte geschaffen werden müssen.

Auch in bezug auf den Abtransport der erzeugten Energie bot Beznau infolge seiner Lage im Zentrum des Versorgungs-



Die «jungfräuliche» Aare-Insel Beznau vor dem Bau des Atomkraftwerks. Im Vordergrund das mittlerweile vollständig neu erbaute Stauwehr des 1902 in Betrieb genommenen Wasserkraftwerks Beznau, das im Hintergrund am Ende des Oberwasserkanals liegt. Ganz rechts hinten ist das Gasturbinen-Kraftwerk Beznau erkennbar, 1948 als Reservekraftwerk in Dienst gestellt.

gebietes und in unmittelbarer Nähe einer Koppelstelle mit dem schweizerischen Höchstspannungsnetz bedeutende Vorteile gegenüber dem St. Galler Rheintal, wo ein beträchtlicher Aufwand für zusätzliche Transportleitungen nötig gewesen wäre. Insgesamt kam die NOK zu dem Schluß, daß für ein ölthermisches Kraftwerk nur ein Standort im St. Galler Rheintal in Frage käme, für ein Atomkraftwerk aber sowohl das St. Galler Rheintal wie die Beznau-Insel – mit bedeutenden Vorteilen für letztere.

Falls Ölkraftwerk: Abgasprobleme

Was ein Ölkraftwerk betraf, mußten die möglichen Auswirkungen der Verbrennungsgase auf die Umgebung in Betracht gezogen werden. Im dicht besiedelten und stark bewaldeten St. Galler Rheintal wurden zu diesem Zweck von Fachleuten über längere Zeit sorgfältige meteorologische Untersuchungen vorgenommen – mit dem Ergebnis, daß man während des größten Teils eines Jahres die Abgase ohne wesentliche Beeinträchtigung der Umgebung über einen 180 bis 200 Meter hohen Schornstein in die Luft ablassen könne. Bei gewissen meteorologischen Verhältnissen, speziell bei Inversionslagen, war aber eine Schädigung der Waldungen nicht auszuschließen. Es wurde deshalb in Aussicht genommen, bei solchen Wetterlagen – etwa fünf Prozent eines Jahres – die Anlage statt mit dem Rohöl aus der Pipeline mit besonders schwefelarmem Heizöl zu betreiben, das per Eisenbahn herangeschafft werden müßte.

Widerstand gegen Ölkraftwerk

Trotz dieser vorgesehenen Maßnahmen formierte sich im St. Galler Rheintal starker Widerstand gegen ein Ölkraftwerk, und zwar sowohl auf schweizerischer Seite als auch in den Nachbarstaaten auf der rechten Seite des Rheins. Dieser Widerstand stellte das Projekt in Frage, obschon die Regierung des Kantons St. Gallen sich bemühte, mit den Gegnern ins Gespräch zu kommen.

Option Atomkraftwerke

Leichtwasserreaktor aus USA die Wahl, ...

Gemäß den Abklärungen durch die NOK kam für ein Atomkraftwerk, dem Stand der technischen Entwicklung und der wirtschaftlichen Aussichten entsprechend, nur das amerikanische System des Leichtwasser-Reaktors in Frage, sei es als Siedewasser-Reaktor von General Electric oder als Druckwasser-Reaktor von Westinghouse. Einige solcher Anlagen mit Leistungen bis 250 Megawatt standen damals seit kurzem in Bau oder Betrieb, Anlagen mit Leistungen bis 500 Megawatt waren im Bau. Die britischen gasgekühlten, graphitmoderierten Reaktoren kamen aus wirtschaftlichen Gründen für die Schweiz nicht in Betracht. Das kanadische Candu-Konzept mit schwerwassermoderierten und -gekühlten Reaktoren wiederum wies eine zu kleine Erfahrungsbasis auf.

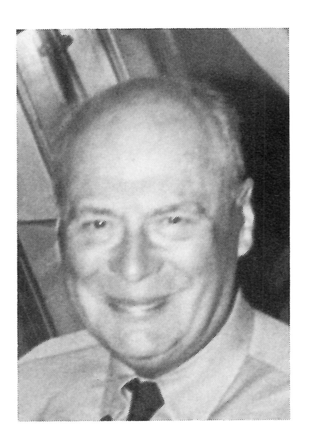
In der Schweiz selbst wurde damals die Entwicklung eines mit Schwerem Wasser moderierten und mit Gas gekühlten Druckröhren-Reaktors verfolgt, bei dem an die Stelle des schweren Reaktorkessels der amerikanischen Systeme leichte Druckrohre treten sollten (s. 6. Kapitel). Eine derartige Anlage kam jedoch für die NOK aus Gründen der Terminplanung und der Dringlichkeit der Energiebeschaffung von vornherein nicht in Frage.

... desgleichen schlüsselfertige Erstellung

Das Know-how für Bau und Betrieb von Atomkraftwerken befand sich damals in erster Linie in der Hand der Herstellerfirmen der verschiedenen Reaktor-Systeme. Die Unternehmen der Elektrizitätswirtschaft dagegen verfügten nur über sehr geringe Erfahrung. Daher drängte sich für das Atomkraftwerk Beznau eine schlüsselfertige Lieferung auf, bei der die gesamte Verantwortung für Vollständigkeit und Betriebstüchtigkeit der Anlage, für die richtige Dimensionierung und Qualität der einzelnen Komponenten sowie für die Einhaltung der Garantien und Sicherheitsnormen für Leistung und Brennstoffverbrauch von der Lieferfirma übernommen würde, und zwar zu einem vertraglich vereinbarten festen Preis.

Sowohl General Electric als auch Westinghouse erklärten sich grundsätzlich zum Abschluß eines solchen Vertrages

bereit. Dabei stellten sie in Aussicht, die Lieferung des Sekundärteils, und da speziell der Turbinen und Generatoren, aber auch zahlreicher weiterer Komponenten an kompetente schweizerische Firmen weiterzuvergeben.



Fritz Aemmer, 1901 bis 1990, gilt als eigentlicher Vater des Atomkraftwerks Beznau. 1960 Leiter der Elektromechanischen Abteilung der NOK geworden, überzeugte er den Verwaltungsrat von den Vorteilen einer nuklearen Anlage im Vergleich zu einer ölthermischen.

Baubeschluß im Dezember 1964

Parallel zu den Verhandlungen über den Liefervertrag wurde die technische Bearbeitung des Projektes vorangetrieben. Sie brachte u.a. eine Erhöhung der in Aussicht genommenen Kraftwerksleistung von bisher 250 auf 300 bis 350 Megawatt.

Bei den Bundesbehörden wie in der Öffentlichkeit fand der sich anbahnende Entscheid der NOK zur Erstellung eines Atomkraftwerks volle Unterstützung, insbesondere, weil dadurch der Bau eines Ölkraftwerks mit seinen Emissionen vermieden werden konnte. Und dann beschloß der NOK-Verwaltungsrat im Dezember 1964, zehn Jahre nach der ersten Erwähnung der nuklearen Option im Geschäftsbericht der NOK, ein Atomkraftwerk mit ungefähr 300 Megawatt Leistung auf der Aare-Insel Beznau zu erstellen. Es sollte mit einem amerikanischen Leichtwasser-Reaktor ausgestattet sein. Der dafür erforderliche Kredit über 325,5 Millionen Franken, der auch die erste Brennstoffladung umfaßte, wurde ebenfalls bewilligt.

Druckwasser- oder Siedewasserreaktor?

Dieser Beschluß war zugleich der Startschuß zur Beantwortung der Frage, ob eine Anlage mit Druckwasser- oder mit Siedewasser-Reaktor gebaut werden solle. Die NOK hätte die Wahl des Lieferanten – Westinghouse bzw. General Electric – durchaus zu jenem Zeitpunkt treffen können, lagen doch zwei recht detaillierte Offerten mit verbindlichen Festpreisen vor. Zurückhaltung erschien aber geboten, um eine starke Verhandlungsposition offenzuhalten. Denn das Interesse der beiden amerikanischen Kraftwerkbauer, gerade in der Schweiz eine Referenzanlage für den europäischen Markt zu erstellen, war offensichtlich. Zudem handelte es sich um die erste Anlage in Kontinentaleuropa, die ohne staatliche Risikoabdeckung oder Förderungsbeiträge erstellt würde.

Kein Warten auf Schweizer Entwicklung

Die NOK brachte mit diesem Entscheid auch zum Ausdruck, daß sie die Marktreife einer schweizerischen Eigenentwicklung nicht abwarten wollte und konnte. Die Bedarfsprognose lautete, daß ein Leistungszuwachs von 300 Megawatt bereits Anfang 1970 zur Gänze im eigenen Netz aufgenommen werden könne. Eine schweizerische Nuklearanlage vergleichbarer Leistung hätte aber voraussichtlich nicht vor der Mitte der 70er-Jahre verwirklicht werden



Am 6. September 1965, neun Monate nach Baubeschluß, erfolgte der Spatenstich für das erste Kernkraftwerk der Schweiz. Die große Gästeschar, darunter zahlreiche Behördenvertreter mit Bundesrat Willi Spühler an der Spitze, konnte als Demonstration für die Kernenergie gewertet werden.

können. Diese Einschätzung entsprach auch der Beurteilung durch die Überlandwerke und die Schweizerischen Bundesbahnen, die 1963 in einer Studie zum Schluß gekommen waren: «*Sollte sich die technische Entwicklung eines Reaktors einheimischer Konstruktion etwas verzögern, und sollten die Elektrizitätswerke nicht in der Lage sein, länger zuzuwarten, um die Atomkraft als neue Energiequelle zu benützen, so würde die allfällige Bestellung eines ausländischen Reaktors keineswegs den Platz für einen wenige Jahre später erhältlichen Reaktor schweizerischer Herkunft versperren*» (zitiert aus SEV-Bulletin Nr. 24/1963).

Die Entscheidung der NOK für das Atomkraftwerk Beznau war jedoch nicht gleichbedeutend mit einer Abkehr von konventionell-thermischen Kraftwerken. Vielmehr wurde die Atomenergie auch darum gewählt, weil bereits abschlußwürdige Angebote vorlagen, über die noch weiter verhandelt werden konnte. Ferner gab es gute Gründe für die Erwartung, der Realisierung von Nuklearanlagen werde weniger öffentlicher Widerstand erwachsen als der von konventionell-thermischen. Vor allem Kreise des Natur- und Heimatschutzes wehrten sich gegen Öl- und Kohlekraftwerke und sprachen sich für Atomkraftwerke aus.

1965: Baubeginn

Schließlich fällte am 16. Juli 1965 der NOK-Verwaltungsrat den – in Kreisen der Elektrizitätswirtschaft und der Bundesbehörden mit Spannung erwarteten – Entscheid in bezug auf Reaktorsystem und Lieferant. Er fiel zugunsten eines Druckwasser-Reaktors aus. Am 1. August 1965 vergab die NOK den Auftrag zur schlüsselfertigen Erstellung der Hauptteile an eine Arbeitsgemeinschaft von Westinghouse International Atomic Power Co. Ltd. in Genf und AG Brown, Boveri & Cie. in Baden.

Turbinen und Generatoren von BBC

Westinghouse bearbeitete speziell die mit dem Atomreaktor zusammenhängenden Anlageteile, BBC hingegen den konventionellen Teil der Zentrale, d.h. die Dampfturbinen- und Generatorenanlage mit den Hilfsbetrieben. Die für die Transformierung und den Abtransport der Energie nötigen Anlageteile, die Bauwerke für Fassung und Rückgabe des Kühlwassers sowie Werkstatt- und Bürogebäude projektierte und vergab die NOK selbst.

10 % des Schweizer Stroms

Schon am 6. September 1965 wurde offiziell mit den Bauarbeiten begonnen. Das zu bauende Kraftwerk sollte bei 350 Megawatt Nutzleistung im Jahr etwa 2,5 Milliarden Kilowattstunden erzeugen – oder rund zehn Prozent der damaligen Elektrizitätserzeugung in der Schweiz. Bei dieser



Der Bauzustand 1966: In der Mitte wächst das kreisrunde Reaktorgebäude in die Höhe, links davon das Maschinenhaus. Links unten ist das Stauwehr des Wasserkraftwerks neu entstanden, es dient auch der Kühlwasserversorgung des Kernkraftwerks. Rechts der Oberwasserkanal zum Wasserkraftwerk Beznau.

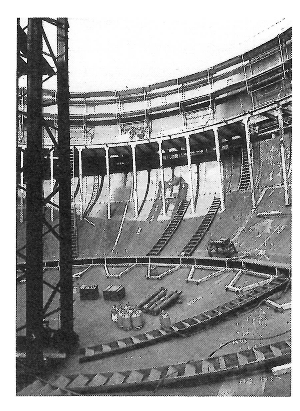
Produktion, die einem Vollbetrieb der Anlage während 80 Prozent des Jahres entspricht, und bei einer Gesamtinvestition von 350 Millionen Franken waren Stromkosten von 2,8 Rappen je Kilowattstunde zu erwarten. Die 350 Millionen schlossen Landerwerb, Bauzinsen, voraussichtliche Teuerung sowie Aufwendungen für die Personalausbildung und für Dienstwohnungen ein, nicht jedoch die erste Brennstoffladung. Die tatsächlichen Erstellungskosten lagen schließlich einige Prozent unter den projektierten.

Baukosten rund 350 Mio Franken

Trotz der Wahl eines Reaktors amerikanischer Herkunft floß nur ein kleiner Teil der Geldmittel ins Ausland, denn rund 70 Prozent der Arbeiten und Lieferungen wurden an schweizerische Firmen vergeben. Die Bauzeit wurde mit vier Jahren angesetzt, so daß mit der ersten Stromabgabe im Herbst 1969 zu rechnen war.

Die Entscheidung der NOK pro Druckwasserreaktor und damit pro Westinghouse war zwangsläufig eine Entscheidung gegen den Siedewasserreaktor und gegen General Electric. Sie hätte auch andersherum lauten können, denn die bei der Evaluation gefundenen Vorteile des Westinghouse-Angebots fielen nur geringfügig zugunsten des Druckwasserreaktors aus. So wurde als Vorteil betrachtet, daß das System Westinghouse mit einem Wärmeaustauscher als Dampferzeuger arbeitet. General Electric hatte bei der Konzeption des Siedewasserreaktors darauf verzichtet, was im Prinzip zwar eine Vereinfachung und eine thermodynamische Verbesserung

Dampferzeuger als Vorteil erachtet





Oben: Der Boden des Sicherheitsgebäudes, des Containments, wird aus dicken Stahlblechen zusammengeschweißt.

Rechts: Das Containment schließt sich.

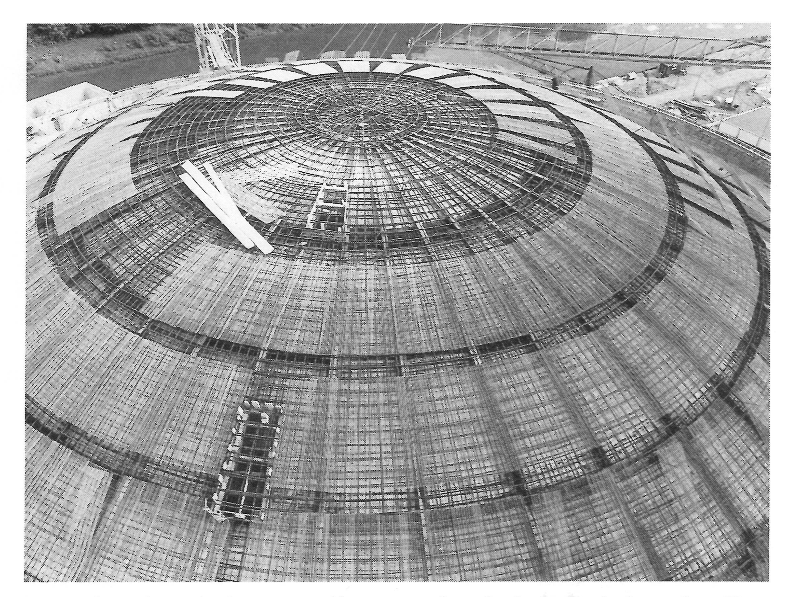
bedeutete. Im Falle von Brennstoffdefekten mußte jedoch mit einer radioaktiven Kontamination der Turbinen gerechnet werden, und weil diese aus Platzgründen außerhalb des Sicherheitsgebäudes angeordnet sind, wurde das damals noch als ins Gewicht fallender Nachteil eingestuft. Im übrigen war die Offerte für die Druckwasserreaktor-Anlage in der letzten Angebotsrunde günstiger ausgefallen als jene für die Siedewasserreaktor-Anlage. Auch die Garantiezusicherungen wiesen in die gleiche Richtung. Zudem spielte eine – die NOK nicht verpflichtende – Option zum Kauf einer zweiten, zeichnungsgleichen Einheit zu attraktiveren Bedingungen eine gewisse Rolle.

Günstigeres Angebot

Das Konzept

Der nukleare Teil des Kraftwerks ist eingeschlossen in ein großes, doppelwandiges Sicherheitsgebäude – auch als Containment bezeichnet – von 38 Metern Durchmesser und nahezu 70 Metern Höhe, wovon 50 Meter über dem Erdboden liegen. Es besteht aus einem inneren, druckfesten Stahlbehälter, und aus einem äußeren Betonmantel als Strahlenschutz und als Schutz gegen Einwirkungen von außen. Zweck dieser Doppelschale ist es, im Falle eines größeren Defekts am Nuklearteil das Austreten von Strahlung oder radioaktivem Material in die Umgebung zu verhindern. Das vom Containment umschlossene Volumen dient zur Aufnahme des gesamten aus dem Primärsystem frei werdenden Dampfes für den – äußerst

Doppelwandiges Sicherheitsgebäude



Mai 1968: 50 Meter über dem Erdboden wird das Reaktorgebäude von Beznau I mit einer Kuppel aus armiertem Beton geschlossen – die Armierungseisen sind eingebracht.

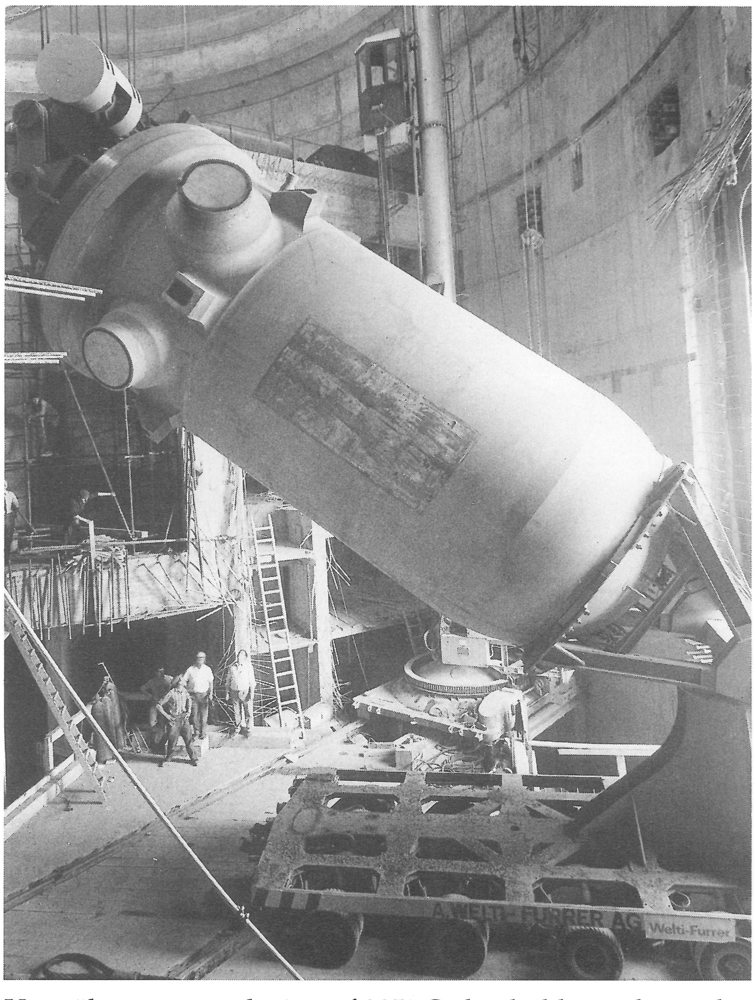
unwahrscheinlichen – Fall eines plötzlichen Rohrbruchs. Der mit Stahlblech ausgekleidete Betonmantel bildet eine weitere gasdichte Hülle.

Unterdruck

Durch Zurückpumpen der Luft aus dem Zwischenraum zwischen den beiden Druckschalen in die innere Schale wird im Zwischenraum ständig ein Unterdruck gegenüber der Außenwelt aufrechterhalten, daher können keine Gase oder Dämpfe nach außen entweichen. Der Druckabbau innerhalb des Containments erfolgt durch Abkühlung, die durch Wasser-Sprühsysteme beschleunigt werden kann. Containment-Konstruktionen, die einen derart weitgehenden Schutz bieten, waren zuvor noch nirgendwo verwirklicht worden. Diese Sicherheit hatte die NOK wegen der – im Vergleich zu amerikanischen Verhältnissen unmittelbaren – Nähe zu Siedlungen verlangt.

Druckgefäß aus Stahl

Im Sicherheitsgebäude befindet sich der Druckwasserreaktor von 1120 Megawatt Wärmeleistung. Die Wärme wird im Reaktorkern erzeugt, der rund 40 Tonnen Urandioxid enthält, das auf rund 3 Prozent an dem spaltbaren Uran-235 angereichert ist – gegenüber 0,7 Prozent im natürlichen Uran. Der Kern ist von einem 270 Tonnen schweren Stahldruckgefäß von 11 Metern Höhe, 3,6 Metern Durchmesser und 16,6 cm Wandstärke umgeben. Gewöhnliches, wenn auch hochreines Wasser dient zugleich als Moderator zum Abbremsen der Neutronen und als Kühlmittel. Infolge des hohen Drucks von 154 bar kann das Wasser trotz der Temperatur von 315° C, mit der es den Kern verläßt, nicht sieden. Es durchströmt in zwei zueinander parallelen Primärkreisläufen je einen Dampferzeuger und eine



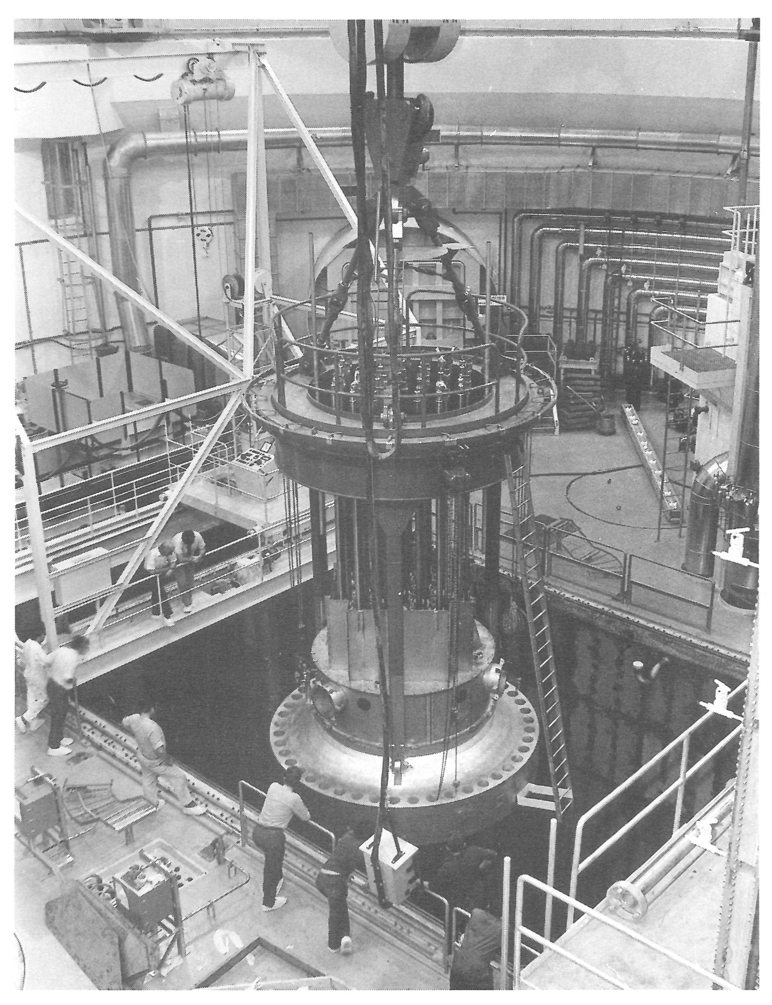
Das Reaktordruckgefäß von Beznau I beim Einbau: 10,7 Meter hoch, 3,6 Meter im Durchmesser, 270 Tonnen schwer bei 16,6 Zentimetern Wandstärke – eine anspruchsvolle Aufgabe für Transport und Montage.

Umwälzpumpe und tritt auf 285° C abgekühlt wieder in den Reaktor ein. Die Regelung der Wärmeerzeugung erfolgt einerseits durch Beimischung von Borsäure als Neutronenabsorber zum Wasser und andererseits durch 25 Kontrollstäbe.

Regelung

Die beiden gleichen Sekundärkreisläufe beginnen in den Dampferzeugern, wo stündlich je zweimal 1130 Tonnen Wasser in Dampf von rund 48 bar Druck und 260° C Temperatur umgewandelt werden. Der Dampf verläßt das Sicherheitsgebäude und treibt im Maschinenhaus zwei Sattdampf-Kondensationsturbinen von je 182 Megawatt Leistung an. Dank der vollständigen Trennung von Primär- und Sekundärkreislauf bleibt der letztere und damit der konventionelle Kraftwerkteil frei von Radioaktivität. Zwei Generatoren von je 228 Megavoltampere Nennleistung erzeugen die elektrische Energie mit einer Spannung von 15,5 Kilovolt, die vor dem

Je 2 Turbinen und Generatoren





Links: Nachdem das Reaktorgefäß an Ort und Stelle gebracht ist, senkt man seinen Deckel mitsamt den darin eingebauten Führungen und Antrieben für die Regelstäbe ab. Der Deckel wird dann mit dem Druckgefäß druckdicht verschraubt.

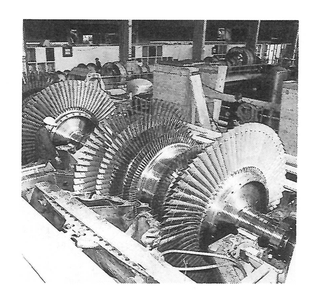
Oben: Im Mai 1969 wird der Reaktor beladen: Der Kern setzt sich aus 121 Brennelementen zusammen, deren jedes etwa 500 Kilogramm wiegt. Das spätere Entladen der gebrauchten Elemente muß zur Strahlenabschirmung vollständig unter Wasser erfolgen.

Maschinenhaus auf 220 Kilovolt transformiert und in Kabeln zur benachbarten Freiluftschaltanlage Beznau übertragen und dort ins schweizerische 380-Kilovolt-Höchstspannungsnetz eingespeist wird.

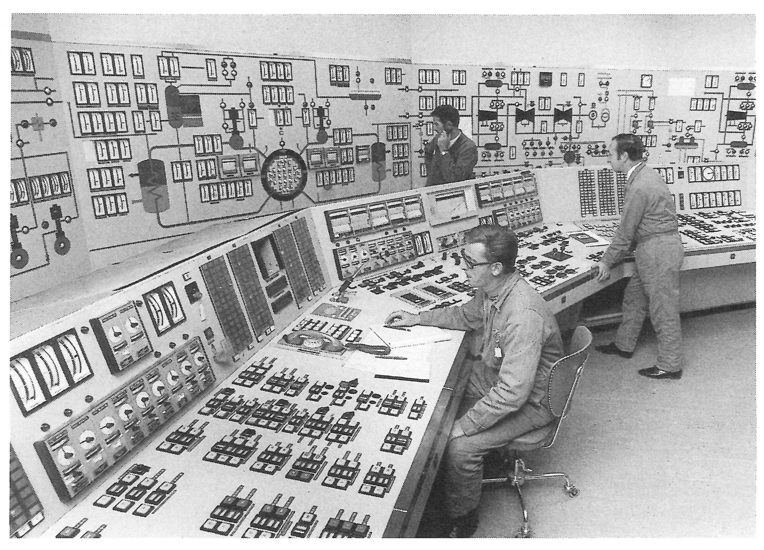
350 MW Nutzleistung

Nach Abzug des Kraftwerk-Eigenbedarfs verbleiben noch 350 Megawatt elektrischer Nutzleistung, mit denen jährlich bei 7000 Vollaststunden rund 2,5 Milliarden Kilowattstunden erzeugt werden können. Einmal jährlich muß man ein Drittel des Reaktorkerns, d.h. etwa 13 Tonnen abgebrannten Urans, gegen neuen Brennstoff auswechseln. Das bedingt ein Abstellen der Anlage für vier bis fünf Wochen, wobei gleichzeitig die notwendigen Revisionen ausgeführt werden.

Neben diesen Hauptanlagen enthält das Kraftwerk eine größere Zahl von Hilfsbetrieben im nuklearen und im konventionellen Teil. Das Kraftwerk hat im Betrieb etwa 15 Megawatt



Oben: Im Maschinenhaus nähert sich die Montage der beiden Turbogeneratoren dem Abschluß.



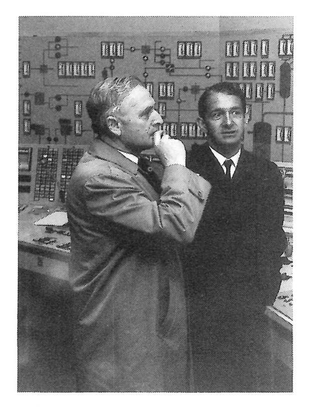
Rechts: Im Kommandoraum werden die letzten Prüfungen vor der Inbetriebnahme vorgenommen. Für die Reaktor-Operateure begann schon Jahre vorher eine gründliche Ausbildung.

Eigenbedarf und braucht je Sekunde etwa 20 m³ Kühlwasser. Viele Regulier- und Sicherheitseinrichtungen überwachen den ordnungsgemäßen Betrieb aller wichtigen Anlageteile.

Die erwähnten Auslegungswerte der Anlage sind im Zuge der Detailauslegung noch geringfügig geändert worden.

Frühzeitige Ausbildung

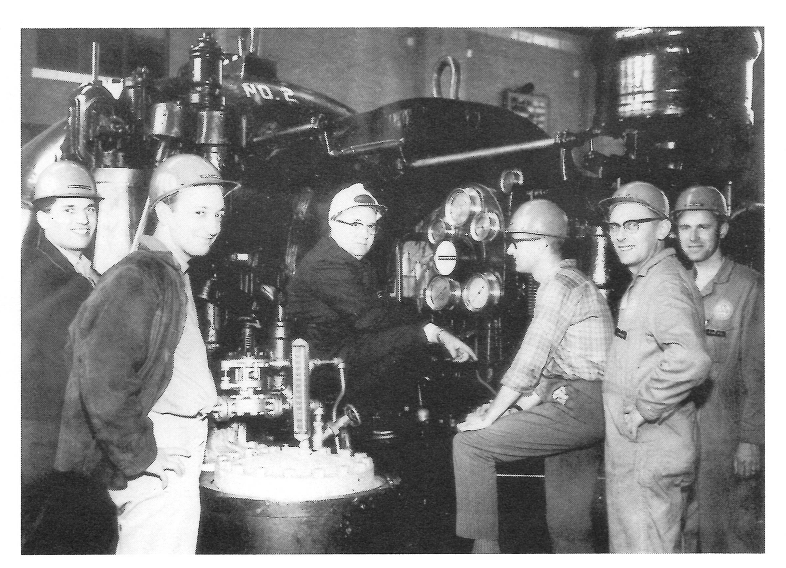
Der Eintritt der NOK in das nukleare Zeitalter verlangte auch den rechtzeitigen Aufbau einer zweckmäßigen personellen Organisation. Schon 1962 sandte man zwei Mitglieder des Ingenieurstabes der NOK zur zusätzlichen Ausbildung in Nuklearphysik an die Reaktor-Schule Harwell in England. Nach dem Baubeschluß wurde der Ingenieurstab durch Beizug weiterer Fachleute aus Industrie und Ingenieurunternehmen ergänzt, die man längere Zeit an Projektierung, Bau und Betrieb von Druckwasserreaktoranlagen in den USA teilnehmen ließ, um einschlägige Erfahrungen sammeln zu können. Auch das eigentliche Betriebspersonal des Kraftwerks wurde unter anderem im Ausbildungszentrum von Westinghouse in den USA und in NOK-eigenen Ausbildungskursen, später an der EIR-Reaktorschule (s. 6. Kapitel) ausgebildet.

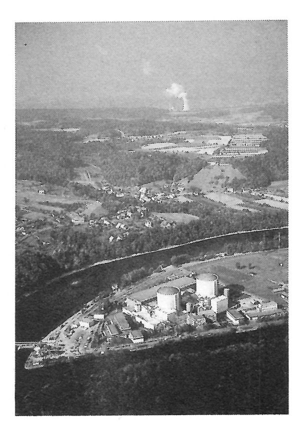


Zur offiziellen Inbetriebnahme von Beznau I am 12. Mai 1970 entsandte die Bundesregierung Bundesrat Ernst Brugger – hier mit dem Delegierten für Atomfragen, Dr. Urs Hochstrasser, im Kommandoraum.

Inbetriebnahme von Beznau I, Baubeginn von Beznau II

Die Bauarbeiten an Beznau schritten rasch voran. 1968 wurden fertiggestellt bzw. montiert: das Reaktorsicherheitsgebäude und die Betonkonstruktionen in seinem Innern, das Reaktordruckgefäß mit seinen Einbauten, die Haupt- und Nebenleitungen, die Turbogruppen 1 und 2 sowie die beiden





Links: Künftige Schichtchefs für Beznau I bei der Ausbildung in den USA.

Oben: Das Kernkraftwerk Beznau, bestehend aus den baugleichen Blöcken Beznau I und Beznau II mit je 350 Megawatt Nutzleistung, ist längst fertiggestellt. Auf dieser Aufnahme aus dem Jahr 1989 sieht man im Hintergrund noch das 1984 in Betrieb genommene Kernkraftwerk Leibstadt, das im Unterschied zur Flußwasserkühlung von Beznau über einen großen Kühlturm gekühlt wird.

Generatoren im Maschinenhaus, und schließlich der Kühlwasserkanal.

Die Anlage war im Frühjahr 1969 soweit erstellt und geprüft, daß das Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschafts-Departement (EVED) die Inbetriebnahme des Kraftwerks provisorisch bewilligte. Ende Juni – etwa einen Monat nach dem Beladen mit nuklearem Brennstoff – wurde im Reaktor die Kettenreaktion in Gang gesetzt. Die Anfang September 1969 aufgenommene betriebliche Erprobung war am 24. Dezember 1969 abgeschlossen, und gleichentags wurde die Anlage durch die NOK übernommen. Ende Oktober 1970 erteilte das EVED im Sinne von Art. 4 des Atomgesetzes die definitive Betriebsbewilligung.

Baugleiches Beznau II

Gut zwei Jahre nach Baubeginn, nämlich am 15. Dezember 1967, hatte der NOK-Verwaltungsrat beschlossen, in Beznau ein zweites, mit dem ersten praktisch identisches Atomkraftwerk zu bauen. Der Baubeginn für diese Beznau II benannte und unmittelbar neben Beznau I liegende Anlage erfolgte schon am 22. Februar 1968. Mit Bau und Lieferung beauftragte man wieder das Konsortium Westinghouse/BBC, indem man die schon erwähnte Option wahrnahm. Nach einer Rekordzeit von 48 Monaten (gerechnet von Baubeginn bis zur Übernahme durch den Betreiber), möglich dank den Erfahrungen aus dem Bau von Beznau I, der drei Monate länger beansprucht hatte, wurde in Beznau II die erste Kettenreaktion im Oktober 1971 eingeleitet. Anfang Dezember 1971 begann man mit der betrieblichen Erprobung, und am 15. März 1972 übernahm die NOK die Anlage mit zwei Wochen Vorsprung auf den vertraglichen Termin (über den weiteren Betrieb s. Nachwort).



11. Kapitel

Mühleberg: der erste Siedewasserreaktor

Im Zuge ihrer Kraftwerkplanung, um den prognostizierten Strombedarf decken zu können, ließ die Bernische Kraftwerke AG 1963 eine Vorstudie über ein Atomkraftwerk als Alternative zu Wasser- und Ölkraftwerken erstellen. Als die Pläne für letztere sich verzögerten, entschied sich die BKW 1966 für den Bau eines 306-Megawatt-Atomkraftwerks mit einem amerikanischen Siedewasserreaktor und Flußwasserkühlung in Mühleberg an der Aare. Zwar war dieses zweite Atomkraftwerk in der Schweiz nach vierjähriger Bauzeit 1971 betriebsbereit, doch wurde die Inbetriebnahme durch einen Ölbrand im Maschinenhaus bis 1972 verzögert.

Durch Berichte über die ersten Prototypanlagen zur friedlichen Nutzung der Atomenergie und insbesondere durch die erste internationale Genfer-Konferenz im Jahre 1955 (s. 3. Kapitel) wurde die Bernische Kraftwerke AG (BKW) auf die Atomenergie aufmerksam und war an der Gründung der Reaktor AG im selben Jahr beteiligt. Der Verwaltungsrat der BKW ließ sich im September 1956 erstmals über Entwicklungsstand und Zukunftsaussichten dieser neuen Kraftwerktechnik informieren. Man war sich bei BKW bewußt, daß der Ausbau der Wasserkräfte nur noch für beschränkte Zeit mit der rasch zunehmenden Nachfrage nach elektrischem Strom Schritt halten werde. In dieser Situation könnte die Atomenergie eine Alternative zu den Kohle- und Ölkraftwerken sein, die damals in vielen Ländern als Ergänzung zu den Wasserkraftwerken erstellt wurden. Deshalb wurde die Geschäftsleitung beauftragt, die Entwicklung auf dem Gebiet der Atomenergie intensiv und aktiv zu verfolgen.

BKW 1956: begrenzte Wasserkräfte, ...

In der Folge richtete die BKW eine Studienabteilung für Atomenergie ein. Darüberhinaus war die BKW einer der Gründungsaktionäre der Suisatom AG (s. 7. Kapitel). Und schließlich wurde die Geschäftsleitung durch die BKW-Generalversammlung im Juni 1959 ermächtigt, sich – auf dem Weg über das Aktienkapital der Suisatom – mit höchstens sechs Millionen Franken am Versuchsatomkraftwerk Lucens zu beteiligen.

... daher Kernenergie aktiv verfolgt

Vorprojekt für Atomkraftwerk

1963 nahm die BKW eine Beurteilung der energiewirtschaftlichen Gesamtlage sowie der künftigen Bedarfsentwicklung in ihrem Versorgungsgebiet vor. Sie kam dabei zum Ergebnis, daß die Zuwachsrate des Strombedarfs im eigenen Versorgungsgebiet etwa fünf Prozent im Jahr betragen werde (diese Erwartung deckte sich weitestgehend mit dem Resultat einer gemeinsamen Studie der sechs schweizerischen Überlandwerke, der Schweizerischen Bundesbahn und der Stadtwerke Basel, Bern und Zürich).

Unter dieser Voraussetzung würde die BKW bis 1968 keine besonderen Schwierigkeiten bei der Energiebeschaffung haben. Dem Mehrbedarf in den Jahren darauf plante die BKW mit einem Wasserkraftprojekt im Berner Oberland, und zwar in der Region Kandertal zu begegnen. Zudem beteiligte sie sich am Konsortium für das Projekt eines konventionell-thermischen, mit Öl befeuerten Kraftwerks in Sisseln im aargauischen Rheintal und nahm Studien für ein Ölkraftwerk «Seeland»

1963: Mehrbedarf ab 1969

nahe der geplanten Raffinerie Cressier in Angriff. An den Bau von Atomkraftwerken wollte sich die BKW erst wagen, sobald die Erwartungen sich erfüllt hätten, die man in diese neue Technik setzte.

Widerstand gegen Ölkraftwerke

Bald jedoch mußte die BKW zur Kenntnis nehmen, daß die Verwirklichung des Wasserkraftprojekts «Oberland» wesentlich mehr Zeit beanspruchen würde als gedacht. Und gegen das Projekt Sisseln leistete die Bevölkerung des Fricktals sehr starken Widerstand. Aber auch zum Projekt Seeland hatte sich bereits Opposition bemerkbar gemacht, obschon es sich erst im Vorstudium befand. Somit war nicht auszuschließen, daß die Realisierung all dieser Projekte sich unabsehbar verzögern könnte, sofern sie gegen die verschiedenen Widerstände überhaupt möglich wäre. Dann müßte die BKW schon bald auf Atomkraftwerke zurückgreifen.

Generelles Vorprojekt von US-Firma Bechtel

Um für diesen Fall Entscheidungsgrundlagen in der Hand zu haben, erteilte die BKW noch im Jahr 1963 der amerikanischen Ingenieurfirma Bechtel den Auftrag, ein generelles Vorprojekt für ein Atomkraftwerk von 200 bis 300 Megawatt elektrischer Leistung auszuarbeiten. Da bei der angenommenen Entwicklung des Stromverbrauchs ein weiteres Kraftwerk bereits 1971/72 verfügbar sein sollte, kam aufgrund des damaligen Standes der Atomtechnik nur ein amerikanischer Leichtwasser-Reaktortyp in Frage. Und Bechtel konnte sich bereits über Erfahrungen bei Projektierung und Bau der ersten großen Atomkraftwerke in den USA ausweisen.

Kein Warten auf Schweizer Reaktortyp

Aufgrund ähnlicher Überlegungen hatte die Nordostschweizerische Kraftwerke AG (NOK) zur gleichen Zeit ihr Projekt für den Bau des Atomkraftwerks Beznau vorangetrieben (s. 10. Kapitel). Und wie die NOK konnte auch die BKW das schweizerische Reaktorkonzept, das in Lucens erst noch erprobt werden sollte (s. 8. Kapitel), aus Termingründen nicht in Betracht ziehen. Dennoch unterstützte die BKW die schweizerische Entwicklung weiterhin.

Standort Mühleberg

Druck- oder Siedewasserreaktor?

Das Vorprojekt einschließlich Kostenschätzung wurde von Bechtel im Frühjahr 1964 termingerecht abgeliefert. Es sah einen Druckwasserreaktor von Westinghouse und eine elektrische Leistung von 250 Megawatt vor. Die Planungen waren aber auch auf einen Siedewasserreaktor von General Electric anwendbar. Die Bauzeit wurde mit vier Jahren angegeben, der Personalbedarf für Betrieb, normalen Unterhalt und Verwaltung mit lediglich etwa 50 Personen.

Standort-Kriterien

Der nächste Schritt bestand nun in der Suche nach einem geeigneten Standort, der in der Nähe sowohl einer großen Unterstation im Höchstspannungsnetz zur Stromverteilung im Mittelland als auch eines Flusses mit ausreichendem Kühlwasserangebot liegen sollte. Aus mehreren geprüften Standorten wurde schließlich ein Gebiet unterhalb des Wasserkraftwerks Mühleberg an der Aare unterhalb von Bern ausgewählt.

Nunmehr beschloß der Verwaltungsrat der BKW, das Projekt für ein Atomkraftwerk in Mühleberg unverzüglich weiterzubearbeiten. Parallel dazu sollten aber auch die Projektarbeiten für das konventionell-thermische Kraftwerk Seeland mit aller Energie weitergeführt werden.

1964: Grundlage für Standortbewilligung

Im Juni 1964 beauftragte die BKW Bechtel, die Spezifikationen für den Nuklearteil eines Atomkraftwerks in Mühleberg auszuarbeiten sowie einen Standortbericht zu erstellen, den man als Grundlage für ein Gesuch um die Standortbewilligung benötigte. Außerdem begann man mit den nötigen Felduntersuchungen zur Abklärung der geologischen Verhältnisse und mit der Messung der meteorologischen Daten. Aus diesem Anlaß wurde die Öffentlichkeit in einer Presseorientierung erstmals über das Projekt Mühleberg informiert. Nach vierjähriger Bauzeit – von der Erteilung der Baubewilligung an – sei mit der Inbetriebnahme des Atomkraftwerks frühestens 1971 zu rechnen.

Verbund mit Pumpspeicheranlage

Die BKW betonte, mit dem geplanten Wasserkraftwerk im Berner Oberland die Voraussetzungen für einen optimalen Einsatz der Kernenergie schaffen zu wollen, denn dieses Wasserkraftwerk werde als Pumpspeicheranlage ausgelegt, um Nachtstrom aus dem Atomkraftwerk speichern und bei Bedarf in Spitzenstrom umwandeln zu können. Ferner gab man bekannt, daß der Bau eines weiteren Atomkraftwerks am linken Ufer des Thunersees geprüft werde, daß man aber auch das Projekt des konventionell-thermischen Kraftwerks Seeland weiterverfolge.

Als sich im Frühjahr 1965 abzeichnete, daß sich sowohl das Wasserkraft-Projekt im Berner Oberland wie das Projekt Seeland erheblich verzögern würden, räumte die BKW dem Atomkraftwerk Mühleberg zusammen mit dem Wasserkraft-Projekt erste Priorität ein.

1965: Einladungen zur Offertstellung

Im März 1965 wurden die beiden amerikanischen Firmen General Electric und Westinghouse eingeladen, Offerten für den Nuklearteil von Mühleberg abzugeben. Und im Mai erging die Angebots-Einladung für Turbinen, Generatoren und die weitere konventionelle Ausrüstung an die beiden Schweizer Unternehmen Brown Boveri & Cie. (BBC) sowie Escher

Wyss AG. Alle diese Offerten wurden bereits im Sommer 1965 abgegeben, und am 21. Juli 1965 erteilte das Eidg. Verkehrs und Energiewirtschafts-Departement (EVED) die Standortbewilligung.

Damit das Atomkraftwerk Mühleberg tatsächlich 1971 den Betrieb aufnehmen könne, was gemäß den Prognosen über den Bedarfszuwachs dann nötig wäre, mußte der Baubeschluß spätestens 1967 getroffen werden. Zur Vorbereitung der Entscheidung reiste eine Delegation der BKW in die USA, um sich dort in bereits bestehenden Atomkraftwerken zu informieren und um mit den Reaktoranbietern General Electric und Westinghouse zu verhandeln. Ergebnis der Reise war, daß die BKW die beiden Leichtwasser-Reaktortypen nun als einander gleichwertig erachtete, so daß Fragen des Preises und der Garantien für die Wahl bestimmend sein würden.

Information in USA

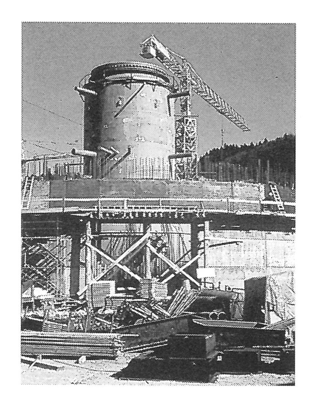
Entscheidung für Siedewasserreaktor

Daß sich die BKW für den Siedewasserreaktor von General Electric entschieden, hatte zum geringeren Teil physikalisch-technische, zum größeren wirtschaftliche Gründe. Die physikalisch-technischen Gründe betrafen das Regelverhalten, das gegenüber dem Druckwasserreaktor vorteilhaft erschien und ins Gewicht fallen würde, wenn – wie bei Mühleberg möglich – kein durchgehender Grundlastbetrieb gewährleistet wäre. Die wirtschaftlichen Gründe lagen darin, daß – dank Steigerung der spezifischen Leistung im Reaktorkern von 30 auf rund 50 Kilowatt je Liter Volumen – die spezifischen Anlagekosten gesenkt und die Brennstoffausnutzung erhöht worden waren, was günstigere Stromgestehungskosten versprach.

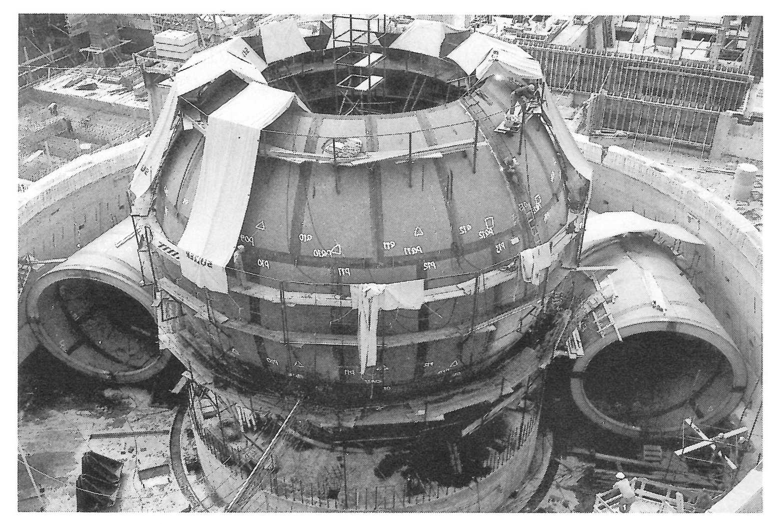
wirtschaftliche Gründe für Siedewasserreaktor

Für die BKW kam nur ein Auftrag zur schlüsselfertigen Erstellung in Betracht. Zudem ließen die eingereichten Offerten erkennen, daß eine direkte Vergabe an ein von General Electric und BBC gebildetes Konsortium die vorteilhafteste Lösung sei: Es offerierte im Juli 1966 die schlüsselfertige Lieferung zum Festpreis von 225 Millionen Franken bei einer garantierten elektrischen Nettoleistung von 306,2 Megawatt. Die erste Brennstoff-Ausstattung bot General Electric zu 51 Millionen Franken an. Die Aufwendungen der BKW für Leistungen in Eigenregie wurden mit 26 Millionen Franken veranschlagt. Aus diesen Preisen errechneten sich spezifische Anlagekosten um 800 Franken je installiertem Kilowatt Leistung – ungefähr gleich viel wie damals für ein in der Schweiz zu bauendes Ölkraftwerk, dessen Brennstoffkosten jedoch höher gelegen wären. Für das Atomkraftwerk Mühleberg ergaben sich

Konsortium offeriert Festpreis: 225 Mio



Oben: Der Sicherheitsbehälter wird an Ort und Stelle montiert.



Rechts: Sicherheitsbehälter aus der Nähe – druckdicht zusammengeschweißt aus zentimeterstarken Stahlplatten. Das umgebende Ringrohr ist die halb mit kaltem Wasser gefüllte Druckabbaukammer, in der bei einem Störfall der Dampf kondensieren würde.

Stromgestehungskosten zwischen 3,2 und 2,2 Rappen je Kilowattstunde, je nachdem, ob man als «Lastfaktor» 4000 oder 7000 Vollast-Betriebsstunden im Jahr zugrundelegte (denn zufolge des hohen Kapitalkostenanteils fällt bei Atomkraftwerken ganz allgemein der Lastfaktor stark ins Gewicht).

Das Konzept

19 m hohes Reaktordruckgefäß, ...

Der Siedewasserreaktor von Mühleberg besteht aus dem 19 Meter hohen, stählernen Reaktordruckgefäß von 4 Metern Durchmesser und 10,2 cm Wandstärke, das den Kern umschließt. Der Kern ist aus 228 Brennelementen und jedes Brennelement aus 49 Brennstäben zusammengesetzt. Die Stäbe sind mit Tabletten aus leicht – auf 2,8 Prozent gegenüber 0,7 Prozent im natürlichen Uran – mit Uran 235 angereichertem Urandioxid gefüllt. Zwischen die Brennelemente werden von unten insgesamt 57 kreuzförmige Steuerstäbe eingefahren. Eine Brennstoffladung enthält etwa 44 Tonnen Uran.

... zugleich Dampferzeuger

Das Reaktor-Kühlmittel Wasser strömt von unten nach oben durch den Kern. Dabei erwärmt es sich und ein Teil verdampft (im Unterschied zu einem Druckwasserreaktor mit separaten Dampferzeugern ist hier der Reaktor selbst der Dampferzeuger). In der oberen Kuppel des Reaktordruckgefäßes wird dieser Dampf im Wasserabscheider und im Dampftrockner vom Wasser befreit und strömt nun als Sattdampf mit einer Temperatur von 286 °C und unter 70 bar Druck zu den Turbinen. Die Reaktorleistung stellt man im Grobbereich durch Verstellen der Steuerstäbe und im Feinbereich durch Änderung der Drehzahl der Reaktor-Umwälzpumpen ein.



Nachdem der Sicherheitsbehälter fertiggestellt ist, wächst das ihn umgebende Reaktorgebäude in die Höhe. Auch die anderen Bauten kommen rasch voran. Großen Anteil am Baufortschritt – wie schon an der zügigen Planung – haben auf Seiten der BKW Direktionspräsident Hans Dreier und vor allem Dr. Peter Stoll, der eigens für dieses Projekt angestellt wurde.

Flußkühlung

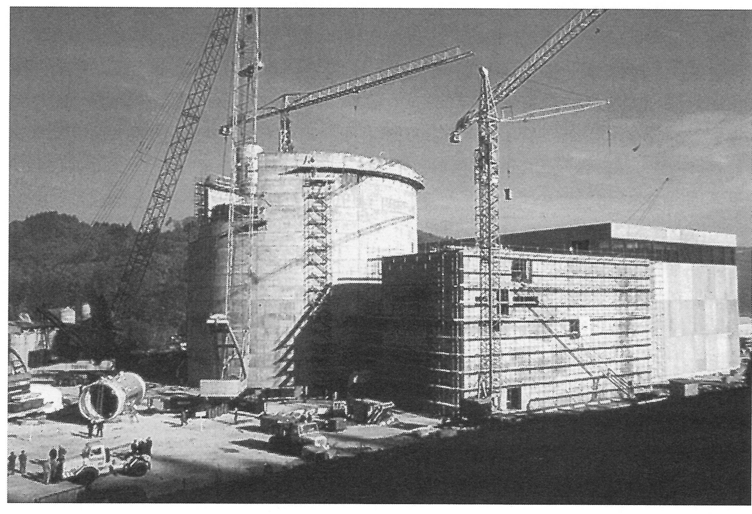
Nach den Turbinen verflüssigt sich der Dampf im Kondensator. Dafür werden je Sekunde 11 m^3 Kühlwasser aus der Aare entnommen und um 14 °C erwärmt wieder in den Fluß zurückgeleitet, dessen Temperatur sich bei mittlerer Wasserführung dadurch um etwa 1,3 °C erhöht.

Vielfältige Schutzeinrichtungen

Die wichtigsten Schutzmaßnahmen sind der Sicherheitsbehälter, die Reaktorschnellabschaltung und die Druckabbaukammer. Der Sicherheitsbehälter aus Stahl umschließt das gesamte nukleare Dampferzeugungssystem, er dient der Rückhaltung radioaktiver Stoffe in einem Störfall. Umgeben wird er vom Reaktorgebäude, das sowohl eine weitere Barriere für Radioaktivität als auch Schutz gegenüber Einwirkungen von außen ist. Bevor sich bestimmte Betriebswerte, z.B. der Druck im Reaktordruckgefäß, unzulässigen Grenzen nähern, schaltet sich der Reaktor automatisch durch gleichzeitiges Einfahren aller Steuerstäbe ab – jede der auslösenden Größen wird wenigstens viermal unabhängig gemessen. Sollten in einem höchst unwahrscheinlichen Störfall, z.B. beim Bruch einer Umwälzleitung, Wasser und Dampf in den Sicherheitsbehälter austreten, so würde dieser Dampf durch Verbindungsrohre in die Druckabbaukammer strömen. Sie umgibt das Reaktordruckgefäß und ist zur Hälfte mit Wasser gefüllt, an dem sich der Dampf abkühlt und kondensiert, so daß der Druck abgebaut würde.

1966 Auftragsvergabe

Am 1. September 1966 unterzeichnete die BKW mit dem Konsortium BBC Brown, Boveri & Cie. und General Electric Technical Services Co. den Werkvertrag. Am Tag danach reichte die BKW das Gesuch um die Baubewilligung für das Atomkraftwerk Mühleberg zusammen mit dem vom Konsortium ausgearbeiteten Sicherheitsbericht beim Eidg.



Das runde Reaktorgebäude und das rechts daran anschließende Maschinenhaus sind fast fertig betoniert – nun, 1969, verlagert sich das Schwergewicht auf die Montagearbeiten

April 1967: Baubeginn

Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement (EVED) ein. Im November teilte das EVED mit, das Bewilligungsverfahren und die Begutachtung des Sicherheitsberichtes seien so weit fortgeschritten, daß mit den Bauarbeiten anfangs April 1967 begonnen werden könne. Gegen das Baugesuch waren keine Einsprachen, sondern nur einige Rechtsverwahrungen erhoben worden.

Vier Jahre Bauzeit

Die Bauarbeiten, die das Konsortium an Emch & Berger vergeben hatte, wurden am 1. April 1967 aufgenommen. Bis zum Ende dieses Jahres waren das Reaktorfundament, das Einlaufbauwerk und das zugehörige Pumpenhaus für das Kühlwasser aus der Aare fertig erstellt.

1968: vor allem Bauarbeiten

1968 sah die Betonierung des Reaktorgebäudes bis auf Geländeniveau und die Errichtung der freistehenden Stahlkonstruktion des Sicherheitsbehälters. Die Druck- und Dichtheitsproben des Sicherheitsbehälters, der das Reaktordruckgefäß und das Umwälzsystem für das Reaktorkühlmittel umschließt, wurden gegen Jahresende von den Sicherheitsbehörden abgenommen. Im Maschinenhaus wurden die beiden Turbinenfundamente fertiggestellt, das Betriebs-, das Werkstatt- und das Verwaltungsgebäude waren für den Innenausbau bereit.

1969: Montage

1969 verlagerte sich der Schwerpunkt von den Bau- auf die Montagearbeiten. Hauptereignis war Transport, Einbau und Verschweißen der beiden Hälften des Reaktordruckgefäßes. Aus verkehrstechnischen Gründen konnte nämlich das Druck-



Über der Reaktorgrube ist die Brennelement-Lademaschine installiert – das Beladen des Reaktors mit frischen Brennelementen kann beginnen.

gefäß nicht als ganzes Bauteil zum Standort transportiert werden, sondern nur in zwei Hälften, die dann am Einbauort zusammengeschweißt werden mußten – ein Novum in Europa. Die amtlichen Prüfungen der Schweißnähte des Druckgefäßes sowie des innen auf das Druckgefäß aufgeschweißten Korrosionsschutzes aus rostfreiem Stahl wurden abgenommen. Die Montage der Rohrleitungen für die Umwälzung des Reaktorkühlmittels war weitgehend beendet.

Europäisches Novum

1970 begannen die Inbetriebnahmeversuche. Die wichtigsten amtlichen Prüfungen galten der Überdruckfestigkeit des Reaktordruckgefäßes und der Dichtheit des stählernen Sicherheitsbehälters einschließlich aller seiner Abschlußarmaturen. Die Reaktoranlage wurde fertig montiert, ihre Kontrollsysteme und die übrigen Sicherheitsvorrichtungen befanden sich im Stadium der Ausprüfung. Ende Dezember traf der nukleare Brennstoff aus den USA in Mühleberg ein.

1970: Prüfungen

Die Montagearbeiten konnten im ersten Quartal 1971 abgeschlossen werden. Mit dem Laden des Brennstoffs wurde Ende Februar begonnen. Am 8. März erreichte der Reaktor erstmals Kritikalität, und am 21. Mai wurde die erste nukleare Aufheizung des Dampferzeugersystems eingeleitet. Im Juni und Juli erfolgte die Synchronisation der beiden Turbogeneratoren mit dem Netz. Im Juli wurden die Turbogeneratoren

8.3.1971: Reaktor kritisch



Das Maschinenhaus während der Montage der beiden Turbogeneratoren. Am 28. Juli 1971 brach hier, ausgelöst durch heißes Hydraulik-Öl, ein Brand aus, der die Inbetriebnahme des Kernkraftwerks um ein Jahr verzögerte.

2 Turbogeneratoren

nacheinander bis zur Vollast von je 164 Megawatt elektrischer Leistung hochgefahren. Wie die NOK, die sich beim ungefähr leistungsgleichen Atomkraftwerk Beznau für zwei Generatoren je Reaktor entschieden hatte, wählten die BKW beim Mühleberg-Reaktor ebenfalls zwei Turbogeneratoren, weil sie dafür eine etwas höhere Verfügbarkeit errechnete.

Turbinenbrand: ein Jahr Verzögerung

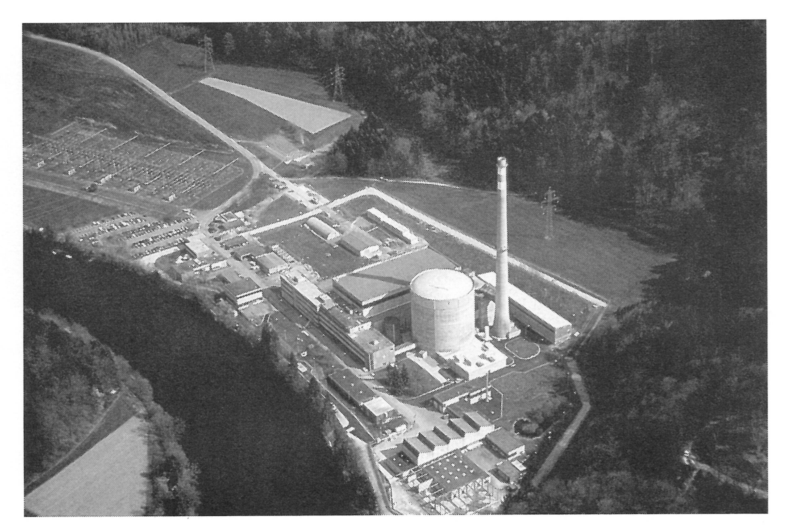
1971 Ölbrand im Maschinenhaus

Am 28. Juli kam es jedoch beim ersten Versuch, beide Turbinen gleichzeitig in Betrieb zu nehmen, zu einem Großbrand. Infolge starker Schwingungen hatte sich eine Rohrverschraubung gelöst, so daß Hydrauliköl unter Druck ausfließen konnte und auf eine Spritzasbest-Isolierung am Ventilgehäuse gelangte. Da dieses Gehäuse sehr heiß war, bildeten sich durch Oxidation des Öls mit Luftsauerstoff Glimmstellen auf der Isolierung. Wie nachträgliche Versuche bewiesen, war die Temperatur ausreichend hoch gewesen, um den bei der Leckage entstandenen Ölnebel zu entzünden.

20 Mio Schaden

Der Brand richtete an den Turbogeneratoren und am Maschinenhaus einen Schaden von rund 20 Millionen Franken an und verzögerte die für Anfang Oktober 1971 vorgesehene Übergabe des Werkes um rund ein Jahr, nämlich bis zum 6. November 1972. Der Nuklearteil war von dem Brand nicht in Mitleidenschaft gezogen worden.

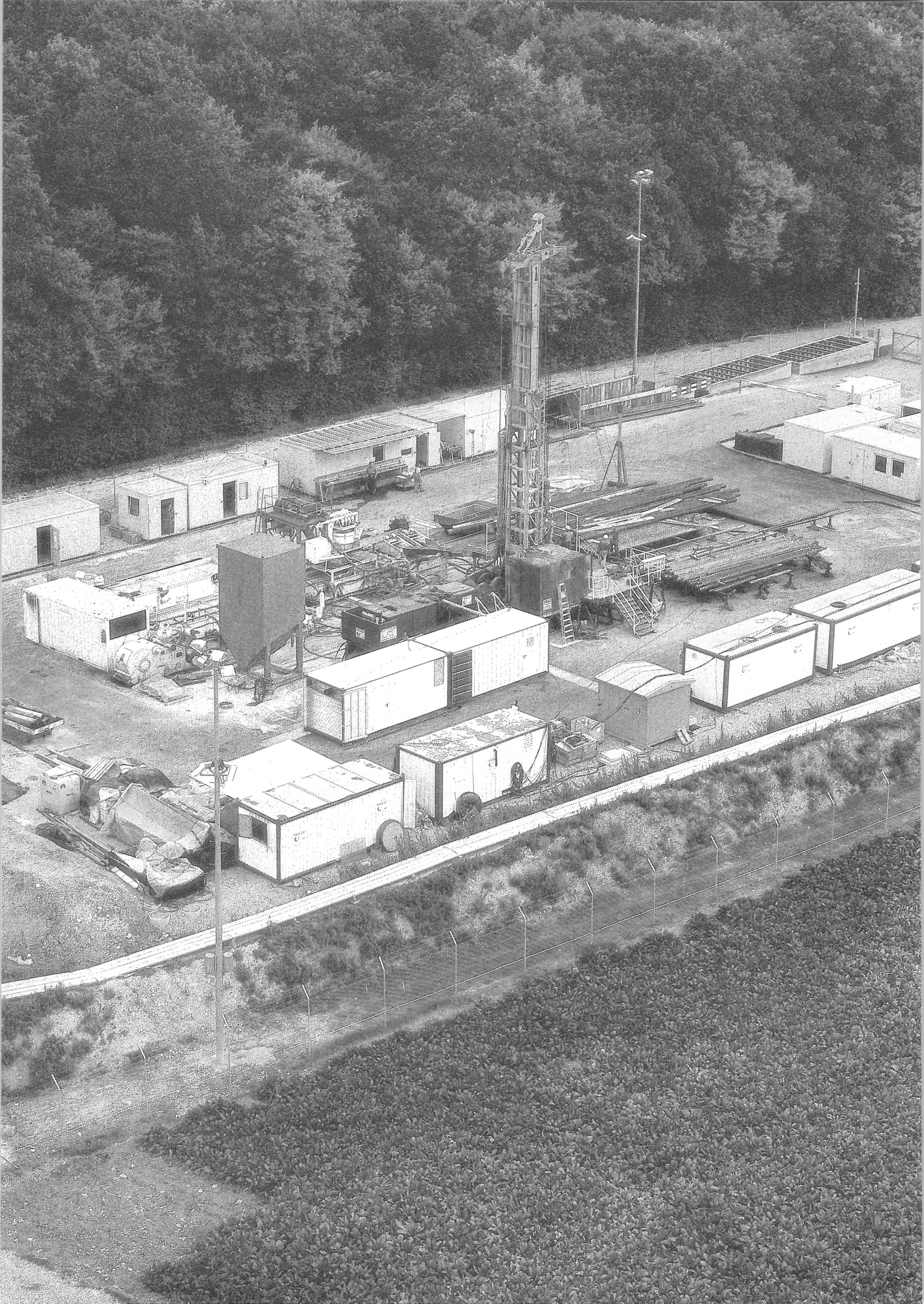
Aus dem Rückblick des Betreibers zu Beginn des Jahres 1991 hat das Kernkraftwerk Mühleberg die Erwartungen hinsichtlich Anlagen- und Betriebssicherheit von der Inbetriebnahme an voll erfüllt. Die Anlage hat Jahr für Jahr rund ein



Das Kernkraftwerk Mühleberg an der Aare, die im Bild von links aus Richtung Bern kommt und dem Werk das Kühlwasser liefert. Neben dem runden Reaktorgebäude das rechteckige Maschinenhaus und der Abluftkamin, ganz links die Freiluftschaltanlage.

Drittel der von der BKW benötigten Energie geliefert. In den 18 Betriebsjahren von 1972 bis 1990 hat die BKW Zusatzinvestitionen in ungefähr gleicher Höhe wie die ursprünglichen Erstellungskosten getätigt – überwiegend für Nachrüstungen zur Erhöhung der Sicherheit aufgrund neuer Erkenntnisse und Fortschritte in der Sicherheitstechnik, wie dies vom Atomgesetz verlangt wird. Dabei war die größte Einzelinvestition das Nachwärmeabfuhr-System (SUSAN), das seit 1989 betriebsbereit ist. Es soll, zusätzlich zur ursprünglichen Einrichtung, im Falle einer Reaktorabschaltung sicherstellen, daß die dann noch entstehende Wärme, die «Nachwärme», sicher abgeführt wird. (Über den weiteren Betrieb s. Nachwort.)

Teure Nachrüstung



Nachwort

… über Gösgen bis Leibstadt …

Dieses Buch behandelt die ersten 30 Jahre Kerntechnik in der Schweiz bis zum Jahr 1969. Es mag viele interessieren, was sich auf diesem Gebiet seither ereignet hat, es würde jedoch den gewählten Rahmen sprengen, dies in voller Ausführlichkeit zu beschreiben. So soll denn an die wichtigsten Aspekte wenigstens zusammenfassend erinnert werden: an den Betrieb der ersten Kernkraftwerke Beznau I und II sowie Mühleberg, an Bau und Betrieb der anschließend erstellten Großanlagen Gösgen und Leibstadt, aber auch an die politische Auseinandersetzung um die Kernenergie, an die Entsorgung von nuklearen Abfällen und an die seit 1969 eingeführten Sicherheitsmaßnahmen in den schweizerischen Kernkraftwerken. Abschließend wird versucht, Antwort zu geben auf die Frage, ob die Kerntechnik eine Technik mit Zukunft sei.

Beznau I wurde am 24. Dezember 1969, Beznau II am 15. März 1972 von der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG (NOK) in den kommerziellen Betrieb übernommen (s. 10. Kapitel). Bei der Auftragserteilung für Beznau I im Jahre 1965 hatte man Stromgestehungskosten von 2,8 Rappen pro Kilowattstunde errechnet. Die tatsächlichen Gestehungskosten lagen anfangs sogar noch tiefer. In der Folge stiegen sie jedoch, mehr oder weniger im Gleichschritt mit der allgemeinen Teuerung, kontinuierlich an, und 1991 betrugen sie rund sechs Rappen je Kilowattstunde.

Beznau: von 2,8 (1965) auf 6 (1991) Rp./kWh

20 Jahre Beznau

Diese – im Vergleich zu jüngeren Kernkraftwerken oder anderen Kraftwerktypen – günstige Entwicklung mit ihrem stabilisierenden Einfluß auf die Stromkosten liegt sicherlich im ausgezeichneten Betriebsverhalten des Kernkraftwerks Beznau begründet. Die gesamte Stromerzeugung der beiden Nukleareinheiten von der Produktionsaufnahme bis einschließlich 31. Dezember 1990 betrug rund 100 Milliarden Kilowattstunden – oder ungefähr das Doppelte dessen, was die Schweiz im Jahre 1989 verbrauchte. Sie haben bisher eine sehr hohe Verfügbarkeit, und 7000 Vollastbetriebsstunden im Jahr (das 8760 Stunden hat) sind nicht die Ausnahme, sondern die Regel. Die Arbeitsausnutzung – das Verhältnis von tatsächlicher Stromerzeugung zur theoretisch, dh. bei ununterbrochenem Vollastbetrieb möglichen – betrug 82 Prozent, ein im internationalen Vergleich hoher Wert.

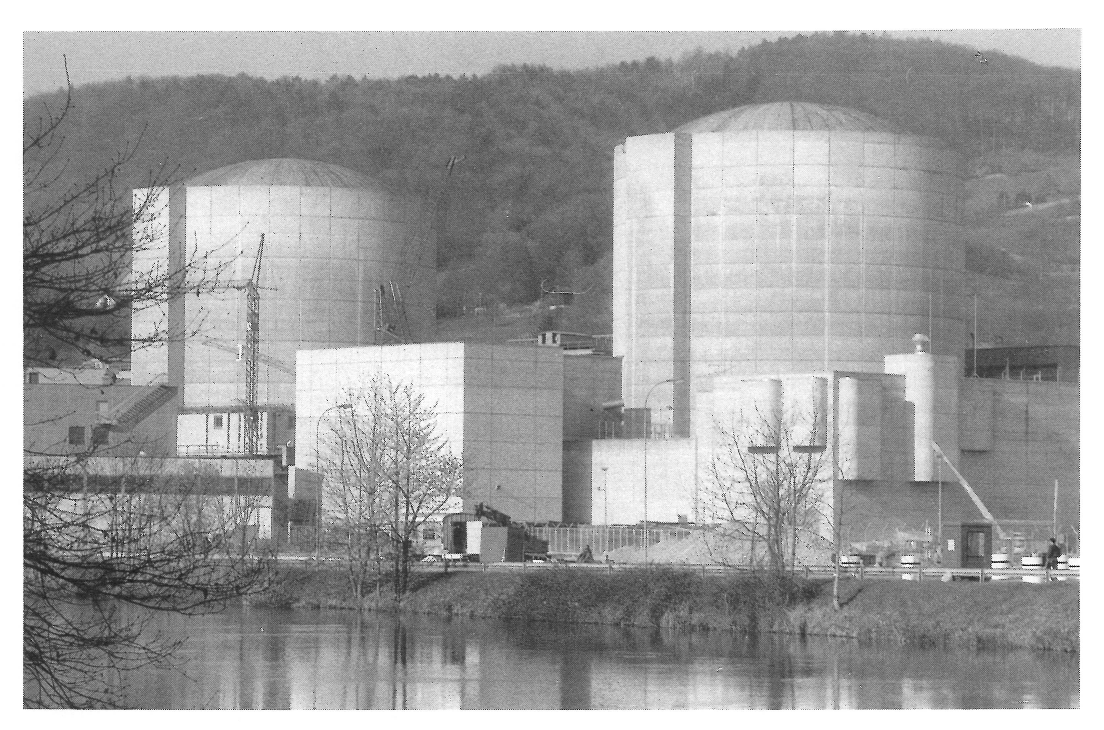
Sehr hohe Verfügbarkeit

Der Hauptteil der Nichtverfügbarkeit entfällt jeweils auf die geplanten Jahresstillstände während rund zwei Sommermonaten, die dem Brennelementwechsel sowie Instandhaltungsarbeiten dienen. Während der Jahresrevision wird auch ein wesentlicher Teil des vorbeugenden Unterhaltes und der Nachrüstungen vorgenommen. In den bisher 40 Reaktorbetriebsjahren der beiden Blöcke zusammen sind keine Störungen aufgetreten, die mit einer Gefährdung der Umwelt verbunden waren. Keine Person wurde stärker als gesetzlich zulässig bestrahlt. Der Betrieb erfolgte stets innerhalb der gesetzlich vorgegebenen Grenzwerte für die Abgabe von Radioaktivität.

40 Betriebsjahre ohne gefährliche Störung

Neben Strom liefern die Beznau-Reaktoren seit 1983 auch Fernwärme in das «Regionale Fernwärmenetz im Unteren Aaretal» (REFUNA), das – mit dem Stand 1991 – elf umliegende Gemeinden mit insgesamt 18.000 Einwohnern versorgt. Im Dezember 1989 wurde der 1500ste Anschluß in Betrieb

Fernwärme



Die beiden Reaktorblöcke bzw. die Reaktorgebäude Beznau I (links) und II am Unterlauf der Aare. Vorne in der Mitte das neue, verbunkerte Gebäude mit den Borwasser-Tanks. Rechts vorne der Bau mit dem zusätzlichen Sicherheitssystem NANO.

genommen, womit die Anschlußleistung 55.000 Kilowatt erreichte (entsprechend einer Substitution von 20.000 Tonnen Heizöl pro Jahr).

Das Atomgesetz aus dem Jahre 1959 verpflichtet die Betreiber von Atomanlagen, alle nach dem Stand von Wissenschaft und Technik notwendigen Maßnahmen zum Schutz von Mensch und Umwelt zu treffen. Diesem Ziel gelten alle Nachrüstungen, insbesondere das rund 500 Millionen Franken teure Nachrüst-Projekt NANO. Die Auswechslung der Dampferzeuger in Beznau I ist für 1993 vorgesehen, nachdem die heute eingebauten vielfach repariert worden sind und kaum mehr weitere 20 Jahre ohne Leistungseinbuße betrieben werden könnten.

Nachrüst-Projekt NANO

Der Einbau von NANO war 1991 bereits in vollem Gange. Es handelt sich dabei im wesentlichen um eine Verstärkung des Schutzes gegen Einwirkungen von außen – wie Erdbeben, Flugzeugabsturz, Blitzschlag, Überflutung, Sabotage – durch ein Notstandsystem sowie um Verbesserungen im Bereich der Notkühlung des Reaktors und der Notstromversorgung. Das Notstandsystem soll die Reaktoranlage bei solchen Ereignissen abschalten und die Nachwärme des Kerns abführen. Es arbeitet von den dafür bereits vorhandenen Einrichtungen unabhängig – und während der ersten zehn Stunden vollautomatisch – und ist je Reaktorblock in einem eigenen,

verbunkerten Notstandsgebäude untergebracht. Darüber hinaus wird bis 1993 bei beiden Reaktorblöcken ein Containment-Druckentlastungssystem schweizerischer Konzeption eingebaut, um auch im Falle eines sehr unwahrscheinlichen, schweren Unfallablaufs die Schutzwirkung des Primär-Containments, der Sicherheitshülle um den Reaktor, zu gewährleisten.

Neu: Druckentlastung

Mühleberg seit 1972

Die Übergabe dieses Werkes an die Bernische Kraftwerke AG (BKW) erfolgte am 6. November 1972. Bis einschließlich 31. Dezember 1990 wurden insgesamt ca. 44 Milliarden Kilowattstunden ins Netz abgegeben, wobei die Stromgestehungskosten bei sechs Rappen je Kilowattstunde liegen. In den 18 Betriebsjahren von 1972 bis 1990 tätigte die BKW Zusatzinvestitionen in ungefähr gleicher Höhe wie die ursprünglichen Erstellungskosten, nämlich rund 300 Millionen Franken – überwiegend für Nachrüstungen zur Erhöhung der Sicherheit, wie sie von den Behörden aufgrund neuer Erkenntnisse und Fortschritte in der Sicherheitstechnik verlangt wurden. Dabei war die größte Einzelinvestition das Notstandsystem SUSAN, das seit 1989 betriebsbereit ist. Es erfüllt zum Notstandsystem NANO von Beznau I und II analoge Aufgaben.

Laufende Nachrüstung

Zur optimalen wirtschaftlichen Nutzung wurde 1976 die elektrische Nettoleistung des Kernkraftwerks Mühleberg von 302 auf 320 Megawatt erhöht, indem man neue Brennelemente mit 64 statt 49 Brennstäben einsetzte und die Zahl der Brennelemente von 228 auf 240 erhöhte. Die jüngsten Fortschritte in der Kernbrennstoff-Technik lassen eine weitere Leistungserhöhung um zehn Prozent zu. Als die BKW am 9. November 1990 ein Gesuch um unbefristete Betriebsbewilligung einreichte, beantragte sie zugleich eine solche Leistungserhöhung. Mit dem Gesuch wurden auch ein neuerstellter Sicherheitsbericht sowie eine erstmals vorgenommene probabilistische Sicherheitsanalyse vorgelegt.

Leistungserhöhung

Gösgen, die erste Großanlage

Die grundsätzlichen Abklärungen über die Eignung des Standortes «Gösgen» für ein Kernkraftwerk gehen auf den Herbst 1966 zurück. Vom Regierungsrat des Kantons Solothurn wurde die Idee, im Niederamt ein Kernkraftwerk zu erstellen, begrüßt. Im Mai 1969 gründete sich ein Studien-

Idee 1966



konsortium Kernkraftwerk Gösgen, dem sechs Partner – Aare–Tessin AG für Elektrizität (ATEL), NOK, Motor-Columbus AG und die Städte Basel, Bern und Zürich – angehörten. Es folgten die Vorprojektierung und Erstellung der Ausschreibungsunterlagen für ein Kernkraftwerk mit Durchlauf- und Mischkühlung. Der Entscheid des Bundesrats vom März 1971, für künftige Kernkraftwerke nur reine Umlaufkühlung zuzulassen, verlangte für Gösgen eine Umprojektierung auf Kühlturmbetrieb. Im Oktober 1972 erteilte das Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement (EVED) die Standortbewilligung für ein Kernkraftwerk mit rund 900 Megawatt elektrischer Leistung, ausgerüstet mit einem Leichtwasserreaktor.

Die Anlage Mühleberg ist mit dem Notstandsystem SUSAN nachgerüstet worden. Dafür wurde das helle Gebäude unmittelbar rechts vom runden Reaktorgebäude errichtet. Die Inbetriebnahme von SUSAN erfolgte 1989.

Ende 1972 bzw. Anfang 1973 genehmigten die Gemeinden Däniken und Gretzenbach den Zonenplan, am 12. Januar 1973 erfolgte die Genehmigung durch den Regierungsrat des Kantons Solothurn. Am 27. Februar 1973 wurde die Bau- und Betriebsgesellschaft unter dem Namen «Kernkraftwerk Gösgen-Däniken AG» (KKG) mit Sitz in Däniken gegründet. Der Aktienbesitz verteilte sich auf ATEL, NOK, die Centralschweizerische Kraftwerke AG (CKW), die Stadt Bern, die Alusuisse und auf die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB). Ferner bestanden Optionen für die Städte Basel und Zürich. In der Stadt Zürich wurde der Beteiligung durch Volksabstimmung

KKG 1973 gegründet

vom 23. September 1973 mit großem Mehr zugestimmt, hingegen lehnte das Baslervolk eine Beteiligung ab.

Aufgrund einer Ausschreibung übertrug die KKG die schlüsselfertige Erstellung des Kraftwerkblocks mit Druckwasserreaktor und Naturzug-Kühlturm der deutschen Kraftwerk Union AG (KWU), heute Siemens AG. Mit den übrigen Projektierungs- und Bauleitungsaufgaben wurde in der Hauptsache Motor-Columbus in Baden beauftragt.

Druckwasserreaktor von Siemens-KWU

Im Sommer 1977 war die Anlage Schauplatz von zwei Demonstrationen und Besetzungversuchen größeren Ausmaßes. Das Vorgehen der Demonstranten fand in der Bevölkerung der umliegenden Gemeinden kaum Unterstützung.

Im Herbst 1978 begannen die Inbetriebnahmeversuche. Wegen der vom Bundesrat angeordneten Untersuchung der schweizerischen Kernkraftwerke im Zusammenhang mit dem Störfall vom 29. März 1979 im amerikanischen Kernkraftwerk Three Mile Island bei Harrisburg mußten die Versuche im April, nach erfolgreichem Abschluß der Testreihe mit 80 Prozent Leistung, unterbrochen werden. Die Überprüfung durch die Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (ASK) ergab, daß ein vergleichbares Ereignis im Kernkraftwerk Gösgen wesentlich unwahrscheinlicher ist, und daß die vorhandenen Sicherheitssysteme und Betriebsvorschriften eine frühzeitige Unterbrechung einer derartigen Störungskette gewährleisten würden. Die Inbetriebnahmeversuche mit 100 Prozent Reaktorleistung konnten erst in der zweiten Augusthälfte aufgenommen werden. Am 19. November gaben die Sicherheitsbehörden den durchgehenden Normalbetrieb unter der alleinigen Verantwortung der KKG frei.

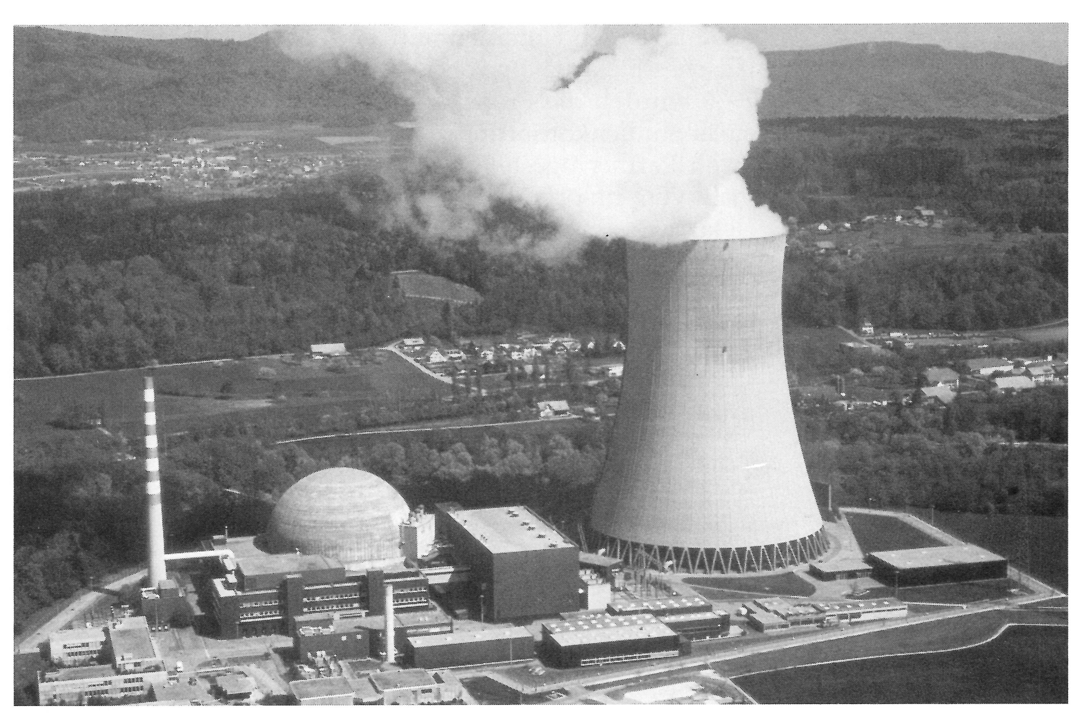
1978/79: Tests vor Inbetriebnahme

1980 begann die Prozeßdampflieferung an die Kartonfabrik Niedergösgen, wodurch fossiler Brennstoff ersetzt und die Luftreinheit in der näheren Umgebung spürbar verbessert wurde.

Prozeßdampf für Kartonfabrik

Von Anfang an wies das KKG eine überdurchschnittliche Verfügbarkeit auf, und 1985 befand es sich mit einer Arbeitsausnutzung von 87 Prozent weltweit in der Spitzengruppe. Die Betriebserfahrungen seit 1979 hatten aber auch gezeigt, daß die Anlage noch über deutliche Leistungsreserven verfügte. Dies veranlaßte die Betreibergesellschaft, dem Bundesrat im Mai 1985 ein Gesuch zur Erhöhung der Bruttoleistung um sieben Prozent einzureichen. Nachdem keine Einwendungen eingegangen und die Sicherheitsbehörden zu einem positiven Urteil gelangt waren, erteilte der Bundesrat im Dezember 1985 die Bewilligung zu dieser Leistungserhöhung. Sie erfolgte in zeitlichen Schritten, damit das Brennstoffverhalten überprüft werden konnte.

Leistungserhöhung



Das Kernkraftwerk Gösgen liegt zwischen den Städten Olten und Aarau unmittelbar an der Aare. Um das Wasser des Flusses nicht unzulässig zu erwärmen, erfolgt die Kühlung des Kraftwerks über einen Kühlturm.

Als am 6. Dezember 1987 im Kanton Solothurn über das «Volksbegehren für die Einreichung einer Standesinitiative für die Stillegung des Kernkraftwerks Gösgen» abgestimmt wurde, lehnten bei 61,7 Prozent Stimmbeteiligung 73 Prozent diese Forderung ab. Besonders augenfällig war die Verwerfung in den Bezirken Olten mit 76,7 Prozent und Gösgen mit 76,2 Prozent sowie in der Standortgemeinde Däniken mit fast 83 Prozent.

Volksabstimmungen

Auch als 1990 die Volksinitiative «Stopp dem Atomkraftwerkbau», die sogenannte Moratoriumsinitiative, landesweit angenommen wurde, verwarfen insbesondere die unmittelbar benachbarten Gemeinden beide Initiativen zum Teil deutlich. Die drei östlichen Bezirke des Kantons Solothurn sagten ebenfalls Nein zu beiden Vorlagen (s. Seite 205).

6 Rp./kWh

Bis einschließlich 31. Dezember 1990 gab das KKG insgesamt ca. 78 Milliarden Kilowattstunden an das Netz ab. Die Stromgestehungskosten betragen rund sechs Rappen je Kilowattstunde.

Leibstadt, die zweite Großanlage

Vorarbeiten 1964

Die ersten Vorarbeiten für ein Kernkraftwerk in Leibstadt reichen zurück bis ins Jahr 1964. Sie wurden von einer Interessengemeinschaft, bestehend aus der Elektrowatt AG und ihr

nahestehenden Unternehmungen sowie der Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG (RWE), Essen, vorgenommen. 1970 wurden die Projektierungsarbeiten mit der Gründung eines Studienkonsortiums auf eine breite Basis mit letztlich zwölf Partnern gestellt. Im Verlaufe der Projektierung ging man von ursprünglich 600 Megawatt auf 900 Megawatt elektrische Leistung.

12 Partner

Die Wahl des Standorts in der Gemeinde Leibstadt am aargauischen Ufer des Rheins unmittelbar unterhalb der Aaremündung erfolgte nach weitreichenden Abklärungen, welche die Eignung dieses Geländes in bezug auf Bodenbeschaffenheit, Energietransport, Kühlwasserversorgung und Zugänglichkeit für Schwertransporte bestätigt hatten. Das Gelände wurde schon in den Jahren 1964/65 erworben; es umfaßt 26 Hektaren und liegt auf einer Terrasse etwa 30 Meter über dem Rhein.

Standortwahl

1969 wurde die Standortbewilligung durch das EVED erteilt. 1971 untersagte der Bundesrat die Flußwasserkühlung, so daß das Projekt auf Kühlturmbetrieb umgestellt werden mußte. Nach weiteren Verzögerungen, vor allem infolge des neuen aargauischen Baugesetzes mit der Einführung der Zonenpläne in allen Gemeinden, wurde am 26. November 1973 die Kernkraftwerk Leibstadt AG (KKL) gegründet. Der Auftrag für die schlüsselfertige Erstellung der Hauptanlage mit Siedewasserreaktor ging am 1. Dezember 1973 an ein Lieferkonsortium von Brown, Boveri & Cie. (BBC) und General Electric Technical Services Company. Mit der Projektierung und Bauleitung von Kühlturm, Haupttransformator, Schaltanlage, Werkstätte usw. wurde die Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG betraut.

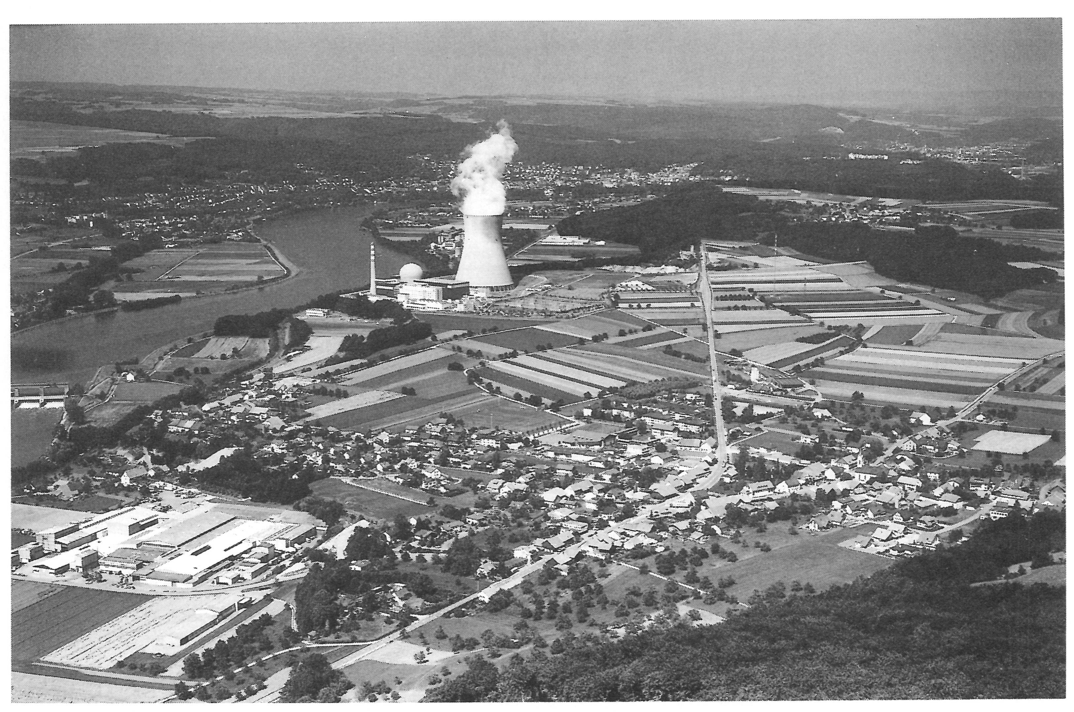
Umplanung auf Kühlturmbetrieb

Lieferkonsortium GE/BBC

Bei der Gründung der KKL hatte man mit der Fertigstellung bis 1978 und mit rund zwei Milliarden Franken Kostenaufwand gerechnet. Schon kurz nach dem Baubeschluß erfuhr das Projekt erhebliche Verzögerungen, da die Überprüfung des Gesuches für die nuklearen Baubewilligungen infolge der Priorität, welche gemäß einer Absprache der an Gösgen und Leibstadt beteiligten Elektrizitätswerke Gösgen eingeräumt wurde, wesentlich mehr Zeit beanspruchte als angenommen. So wurde der Bau erst im Frühjahr 1977 vollumfänglich bewilligt. Die Gebäude senkte man um acht Meter unter das Geländeniveau ab, um den optischen Eindruck zu vermindern, und den Kühlturm um 15 Meter, damit der geräuscherzeugende Wasseraustritt unter der Geländekante liegt. Ferner wurde der Kühlturm in die Nordost-Ecke des Areals plaziert, damit die Besonnung der umliegenden landwirtschaftlich genutzten Flächen möglichst wenig beeinträchtigt wird.

Erst 1977 bewilligt

Absenkung der Gebäude



Wie Gösgen hat auch das Kernkraftwerk Leibstadt einen Kühlturm, um das Wasser des Rheins – im Bild von oben nach unten fließend – nicht unzulässig zu erwärmen. Kraftwerkgebäude und Kühlturm wurden zur Verminderung der optischen Beeinträchtigung unter das Geländeniveau abgesenkt. Im Vordergrund das Dorf Leibstadt, ganz hinten das deutsche Grenzstädtchen Waldshut.

Immer strengere und zum Teil auch neue Sicherheitsanforderungen der Behörden hatten einen erheblich größeren Lieferumfang sowie einen höheren Zeitaufwand für Detailprojektierung, Fertigung und Montage zur Folge. Dadurch entstanden Verzögerungen sowie – nicht zuletzt wegen der Verzinsung der Anleihen und investierten Kapitalien – beträchtliche Mehrkosten.

Seit Ende 1984 ist die Anlage im Betrieb. Die Nettoleistung betrug anfänglich 950 Megawatt. 1986 konnte sie auf 990 Megawatt erhöht werden. Bis Ende 1990 wurden ca. 45 Milliarden Kilowattstunden ins Netz abgegeben – im Durchschnitt rund 7,2 Milliarden Kilowattstunden pro Jahr oder rund ein Sechstel des jährlichen Stromverbrauchs der Schweiz, bei Stromgestehungskosten von neun Rappen je Kilowattstunde. Eine Leistungserhöhung auf rund 1100 Megawatt wird in den 90er-Jahren vorgenommen.

Die politische Auseinandersetzung

Beginn 1970

Die politische Kontroverse um die Kernenergie begann in der Schweiz 1970. In den Jahren davor hatte die Kernenergie weltweit einen Boom erfahren – in den USA z.B. eine Flut von Bestellungen neuer Kernkraftwerke, und in der Schweiz hatte

der Bundesrat schon 1963 der Elektrizitätswirtschaft empfohlen, aus Gründen des Umweltschutzes, der Versorgungssicherheit und der Wirtschaftlichkeit auf die Zwischenstufe ölbefeuerter Kraftwerke zu verzichten. Statt dessen sollte neben der Wasserkraft die Atomenergie der zweite Pfeiler der Stromerzeugung werden. Die Elektrizitätswirtschaft reagierte relativ rasch: 1968 waren neben den in Bau stehenden Kernkraftwerken Beznau I und II sowie Mühleberg vier weitere Projekte in Bearbeitung, und zwar an den Standorten Kaiseraugst, Leibstadt, Verbois und Graben. 1969 kamen sogar noch Gösgen und Rüti hinzu.

Zuvor Boom der Kernenergie

Aufgrund des Arbeitsfortschritts bei den Projekten schien es 1969 noch, als würde Kaiseraugst als viertes schweizerisches Kernkraftwerk verwirklicht. Doch im Jahr darauf begann sich plötzlich eine deutliche Opposition gegen den Bau weiterer Kernkraftwerke abzuzeichnen. Sie war aber lokal begrenzt und richtete sich insbesondere gegen den Standort Kaiseraugst unweit von Basel. Aus heutiger Sicht ist es interessant, daß damals weniger die nukleare Sicherheit als vielmehr das Problem der Abwärme die Gemüter erhitzte. Die Diskussion um die Erwärmung des Rheinwassers führte anfangs 1971 zu der als «Kühlwasserkrieg» bezeichneten Auseinandersetzung zwischen den beiden Basler Halbkantonen einerseits und dem Kanton Aargau anderseits. Im März 1971 entschied der Bundesrat, daß alle bestehenden Kernkraftwerk-Projekte an Aare und Rhein auf Kühlturmbetrieb umgeplant werden müßten. Dieser Entscheid bewirkte einerseits eine Verzögerung der Projektarbeiten, insbesondere beim damals baureifen Projekt Kaiseraugst. Andererseits ergab sich hieraus eine neue Kontroverse, da viele Schweizer die nun notwendigen, mächtigen Kühltürme als störenden Eingriff in Natur und Landschaft empfanden. Auch wurden weitere Abklärungen über die klimatischen Auswirkungen von Kühltürmen als nötig erachtet.

Zunächst lokale Opposition

1971 «Kühlwasserkrieg»

Kontroverse über Kühltürme

Trotz der Auffassung der damaligen Eidgenössischen Kühlturmkommission, daß unter dem Gesichtspunkt des Umweltschutzes keine Gründe für eine Ablehnung der Kühltürme bestünden, lehnte die Gemeindeversammlung von Kaiseraugst bei einer konsultativen Abstimmung das Projekt mit großer Mehrheit ab. Hieraus entwickelte sich ein Rechtsstreit zwischen dem Gemeinderat und dem Studienkonsortium, der im August 1973 durch das Bundesgericht entschieden wurde. Das Urteil klärte die Kompetenzabgrenzung bei der Bewilligung von Kernkraftwerken und wies den Gemeinderat an, die Baubewilligung zu erteilen, was dieser im Dezember 1973 denn auch tat.

Bundesgericht für Kaiseraugst

Hatte sich die öffentliche Diskussion inzwischen auf die Thematik der «Grenzen des Wachstums» verlagert, so wurde durch die Erdölkrise 1973 die Bedrohung der zu 80 Prozent vom Erdöl abhängigen Energieversorgung der Schweiz drastisch vor Augen geführt. Während sich nun die Stimmen mehrten, die für einen beschleunigten Kernkraftwerk-Bau eintraten, blieb die aktive Gegnerschaft hiervon unbeeindruckt. 1974 lag der Schwerpunkt des Widerstands weiterhin in der Region Basel, wo man eine Ballung von Kernkraftwerken befürchtete. Stein des Anstoßes war Kaiseraugst. Die Stadt Basel unterstrich ihre Bedenken gegen die Kernenergie durch die Ablehnung einer Beteiligung am Kernkraftwerk Gösgen. Jahre später kauften die drei großen Firmen der Basler Chemie-Industrie Beteiligungen an der ATEL, der größten Aktionärin der KKG – wodurch die Stromversorgung des Arbeitsplatzes Basel trotzdem durch die Kernenergie gesichert wurde.

Schwerpunkt Basel

Der April 1975 sah die Besetzung des Baugeländes von Kaiseraugst durch Mitglieder des Nordwestschweizerischen Aktionskomitees gegen Atomkraftwerke (NWA) und der gewaltlosen Aktion Kaiseraugst (GAK). Dieser Vorgang erhielt weiteste Publizität und löste Diskussionen in der Öffentlichkeit und im Nationalrat aus. Bundesrat Ritschard als zuständiger Departementsvorsteher ließ keinen Zweifel an den Ansichten der Landesregierung über Rechtsstaatlichkeit und Demokratie, und er betonte, daß Energiewirtschaft und Energiepolitik nicht Tummelplatz für Tagesopportunitäten sein dürfen. Diese Haltung wurde von einer großen Mehrheit des Nationalrats unterstützt.

1975: Besetzung in Kaiseraugst

Die Abstimmung 1979

Im Juni 1975 wurde eine «Eidgenössische Volksinitiative zur Wahrung der Volksrechte und der Sicherheit beim Bau und Betrieb von Atomanlagen» lanciert. Im Mai 1976 wurde sie mit 125.030 beglaubigten Unterschriften eingereicht. Sie zielte auf ein generelles Verbot von Kernkraftwerken. Nach der vorgesehenen Übergangsbestimmung sollte das Verbot auch für die bereits bestehenden Kernkraftwerke Beznau und Mühleberg gelten, die 1976 rund 20 Prozent des Elektrizitätsbedarfs gedeckt hatten.

Verbot von KKW beantragt

1977 war die Kernenergie eines der Hauptthemen der öffentlichen Diskussion. Es fanden zahlreiche Manifestationen und Demonstrationen von Kernkraftwerk-Gegnergruppen statt. In Basel-Stadt wurde im Juni eine Anti-Kernkraftwerk-Initiative vom Volk angenommen.

Hauptthema



Die Besetzung des Baugeländes in Kaiseraugst durch Kernkraftwerk-Gegner im April 1975 gab die Initialzündung für eine breite Diskussion der Kernenergienutzung in Öffentlichkeit und Politik.

Totalrevision des Atomgesetzes

Im Oktober 1978 empfahlen Bundesrat und Parlament die «Atom-Initiative» dem Volk zur Ablehnung. Gleichzeitig wurde als de-facto-Gegenvorschlag eine Ergänzung des Atomgesetzes zur Annahme empfohlen. Diese Ergänzung war während der Arbeit der zuständigen Nationalratskommission, der «Kommission Reiniger», praktisch zu einer Totalrevision angewachsen, aus der lediglich die Haftpflichtfrage für eine spätere Behandlung ausgeklammert wurde. Das revidierte Atomgesetz erfüllte verschiedene Forderungen der Kernenergiegegner: Das eidgenössische Parlament wurde zur letzten Bewilligungsinstanz, es muß ein Bedarfsnachweis erbracht werden, die sichere Entsorgung der radioaktiven Abfälle muß gewährleistet sein, und jedermann hat ein Einsprachérecht.

Beide Basel gegen Kernenergie

Im selben Jahr hieß der Große Rat von Basel-Stadt das erste Kantonale Atomschutzgesetz gut, das in der Schweiz zustandekam. Es verpflichtete die Regierung, sich mit allen Mitteln gegen Atomanlagen zu wenden, auch wenn sie außerhalb des Kantons in der Nachbarschaft projektiert würden, allerdings im Rahmen des Bundesrechts und des kantonalen Verfassungsrechts. In Basel-Land sprachen sich die Stimmbürger für einen Auftrag an die Regierung aus, ebenfalls ein Atomschutzgesetz auszuarbeiten, das speziell gegen das Kernkraftwerk Kaiseraugst gerichtet sein sollte.

Abstimmungen 1979: für Kernenergie

Die Abstimmung über die 1975/76 lancierte Atominitiative fand am 18. Februar 1979 statt. Nach einem mit Erbitterung geführten Abstimmungskampf wurde sie mit 51,2 Prozent Nein-Stimmen gegen 48,8 Prozent Ja-Stimmen bei einer Stimmbeteiligung von 49 Prozent knapp verworfen. 14 Stände sprachen sich dagegen und 9 Stände dafür aus. Am 20. Mai 1979

folgte die Abstimmung über den Bundesbeschluß zur Ergänzung des Atomgesetzes. Dieser wurde mit 982.723 Ja gegen 444.156 Nein klar angenommen.

Der Störfall von Three Mile Island

Zwischen diese beiden Abstimmungen fiel am 29. März 1979 der Reaktorunfall in Block 2 des amerikanischen Kernkraftwerks Three Mile Island bei Harrisburg. Nach insgesamt 1700 Reaktorbetriebsjahren auf der ganzen Welt bis zu diesem Zeitpunkt war dies der schwerstwiegende Störfall. Er wurde durch Funktionsstörungen an Anlagenkomponenten eingeleitet, doch die wichtigsten Sicherheitssysteme funktionierten und beherrschten den Ablauf. Die eigentliche Störfall-Auslösung erfolgte durch die Betriebsmannschaft, als sie infolge irrtümlicher Einschätzung des Anlagenzustandes das Notkühlsystem abschaltete. Hierdurch kam es schließlich zu einem schweren Schaden am Reaktorkern, der aber – gemäß dem Befund einer Regierungskommission – nur eine radiologisch unbedeutende Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung zur Folge hatte. Der Grund hierfür lag im Rückhaltevermögen des intakt gebliebenen Sicherheitsbehälters, des «Containments».

Sicherheitssysteme funktionierten

Aus dem Störfall wurden in der westlichen Welt viele Lehren gezogen, vor allem wurden betriebliche Maßnahmen verbessert, um unter allen denkbaren Umständen einen sicheren Reaktorbetrieb zu gewährleisten. Ferner erhielten das Gebiet der probabilistischen Sicherheitsanalysen sowie die Erforschung schwerer Störfallabläufe starke Impulse. In der Schweiz wie anderswo bewirkte «Harrisburg» eine erhebliche Beunruhigung der Öffentlichkeit.

Lehren gezogen

Die Abstimmung 1984

Im Juni 1980 wurde mit der Unterschriftensammlung für zwei weitere eidgenössische Verfassungsinitiativen begonnen, die sich gegen die Kernkraftnutzung richteten. Die eine sah vor, daß keine neuen Kernkraftwerke in Betrieb genommen werden dürften. Die andere enthielt ähnliche Forderungen, wonach außer Leibstadt keine neuen Werke gebaut und die alten nicht ersetzt werden sollten.

1980 lanciert

Im Oktober 1981 erteilte der Bundesrat die vom revidierten Atomgesetz verlangte Rahmenbewilligung für Kaiseraugst, nachdem der Bedarf für ein weiteres Kernkraftwerk als

1981: Kaiseraugst bewilligt

erwiesen angesehen worden war. Dieser Entscheid war aber noch vom Parlament zu genehmigen. Während die einen diesen Entscheid als längst fällige Klärung willkommen hießen, löste er auf der anderen Seite heftige Kritik aus, vor allem in den beiden Basler Halbkantonen. Ende 1981 kamen die beiden Initiativen zustande, bezeichnet als Atom- und als Energieinitiative.

Heftige Kritik

1982 verabschiedete der Nationalrat als Zweitrat das neue Kernenergiehaftpflichtgesetz, das somit Gültigkeit erlangte: Die Inhaber von Kernanlagen haften unbeschränkt; sie müssen eine Haftpflichtversicherung über 300 – und neuerdings 500 – Millionen Franken abschließen, und für damit nicht abgedeckte Schäden bis zu einer Milliarde Franken tritt der Bund als Versicherer ein, erhebt dafür aber Beiträge von den Haftpflichtigen. Anfangs 1983 genehmigte der Ständerat als Erstrat die Rahmenbewilligung für Kaiseraugst.

1982: Neues Haftpflichtgesetz

Die Volksabstimmung über die Atom- und Energieinitiativen fand am 23. September 1984 statt. Die erstere, «für eine Zukunft ohne weitere Atomkraftwerke», wurde mit 55 Prozent Nein gegen 45 Prozent Ja klar abgelehnt. Die zweite, «für eine sichere, sparsame und umweltgerechte Energieversorgung», scheiterte mit 54,2 Prozent Nein gegen 45,8 Prozent Ja ebenfalls. Die Stimmbeteiligung betrug 41,1 Prozent. In 19 Kantonen und Halbkantonen wurden beide Volksbegehren verworfen, während sieben Kantone und Halbkantone beide Initiativen annahmen. Damit hatte die zweite Atom-Initiative 1984 – außer in beiden Basel und im Tessin – durchwegs schlechter abgeschnitten als die erste 1979, in der Westschweiz sogar deutlich schlechter.

1984: Initiativen abgelehnt

Im Anschluß daran stimmte im März 1985 auch der Nationalrat der Rahmenbewilligung für Kaiseraugst zu, rund drei Jahre nach dem Beschluß des Bundesrates. Hierauf nahm die Kernkraftwerk Kaiseraugst AG die seit längerer Zeit ruhenden technischen Arbeiten zur Erlangung der nuklearen Baubewilligung wieder auf.

1985: Nationalrat für Kaiseraugst

Tschernobyl 1986

Der schwere Reaktorunfall im Block 4 des Kernkraftwerks Tschernobyl in der UdSSR am 26. April 1986 bedeutete einen gewaltigen Rückschlag in der Akzeptanz der Kernenergie in der Öffentlichkeit. Trotz der gegenüber dem Unfallreaktor so verschiedenen Sicherheitsmerkmale der Schweizer Reaktoren – stabiler statt grundsätzlich instabiler Reaktortyp, andere Sicherheitsphilosophie, Qualität bei Bau und Wartung, hoher

Akzeptanzkrise ausgelöst

Ausbildungsstand der Betriebsmannschaft und Nachrüstungen gemäß dem technischen Fortschritt – wurde die energiepolitische Diskussion wiederum von einer grundsätzlichen Auseinandersetzung um die weitere Nutzung der Kernenergie beherrscht.

Grundsatz Diskussion

Im Parlament fand diese in der Juni-Session 1986 beider Räte ihren Niederschlag, die in einer Sondersession Anfang Oktober fortgesetzt wurde. Als Resultat erging ein Auftrag an den Bundesrat, einen neuen Energie-Verfassungsartikel vorzulegen. Vorstöße, die ein Elektrizitätswirtschaftsgesetz, die Stillegung der bestehenden KKW und den Entzug der Rahmenbewilligung für Kaiseraugst verlangten, wurden dagegen abgelehnt. Der Bundesrat entschloß sich, eine «Expertengruppe Energieszenarien» (EGES) mit der Ausarbeitung von Szenarien *«über die Voraussetzungen, Möglichkeiten und Auswirkungen eines Ausstiegs aus der Kernenergie»* zu beauftragen.

EGES erarbeitet Szenarien

Die Abstimmungen 1990

Vor dem Hintergrund von Tschernobyl wurde im August 1986 die eidgenössische Volksinitiative «Stopp dem Atomkraftwerkbau» lanciert, die ein zehnjähriges Moratorium – eine Denkpause – forderte, und im Oktober folgte mit gleicher Richtung der Beginn der Unterschriftensammlung zur Initiative «Für den Ausstieg aus der Atomenergie». Die Moratoriums-Initiative wurde am 23. April 1987 eingereicht, die Ausstiegs-Initiative am 1. Oktober 1987.

1987: neue Initiativen

Am 2. März 1988 reichte – völlig überraschend – eine Gruppe bürgerlicher Parlamentarier in beiden Räten gleichlautende Motionen ein. Diese verlangten die Nichtrealisierung des Kernkraftwerks Kaiseraugst bei angemessener Entschädigung und gleichzeitiger Offenhaltung der Option Kernenergie für eine zukunftssichernde Energiepolitik. Das Motiv für diesen Schritt war die Lagebeurteilung, wonach das Projekt Kaiseraugst wegen der anhaltenden Opposition auf absehbare Zeit keine Realisierungschance habe.

1988: Bürgerliche für Nicht-Realisierung von Kaiseraugst, ...

Diese Motionen überwiesen beide Räte mit großen Mehrheiten in der September-Session 1988 als Postulate. Die entsprechende Vereinbarung zwischen dem Bundesrat und der Kernkraftwerk Kaiseraugst AGvom November 1988 wurde in der Frühjahrssession 1989 von beiden Räten genehmigt. Am 27. Juni 1989 ist der entsprechende Bundesbeschluß in Rechtskraft erwachsen. Unmittelbar danach überwies der Bund die vereinbarte Entschädigung von 350 Millionen Franken. Die Kernkraftwerk Kaiseraugst AG stellte vereinbarungsgemäß

... 1989: 350 Millionen Entschädigung

die Arbeiten an diesem Projekt ein, das die Gemüter – vor allem in der Region Basel – während so langer Jahre erhitzt hatte.

Im Frühling 1990 empfahlen der Bundesrat und beide Räte mit starken Mehrheiten, die beiden hängigen Initiativen – Moratoriums- und Ausstiegs-Initiative – zu verwerfen. In der eidgenössischen Volksabstimmung am 23. September 1990 wurde die Ausstiegsinitiative mit 52,9 Prozent Nein zu 47,1 Prozent Ja verworfen, wobei 18 Kantone und Halbkantone diese Initiative ablehnten und acht zustimmten. Die Moratoriumsinitiative aber wurde angenommen, und zwar mit 54,6 Prozent Ja gegen 45,4 Prozent Nein. Hier nahmen 22 Kantone und Halbkantone an und vier lehnten ab. Die Stimmbeteiligung betrug 40,4 Prozent. Die dritte energiepolitische Vorlage dieses Urnengangs, der Energieartikel für die Bundesverfassung, wurde mit 71Prozent Ja gegen 29 Prozent Nein angenommen.

Abstimmungen 1990:

Ausstieg nein

Moratorium ja

Energieartikel ja

Aufgrund der Annahme der Moratoriumsinitiative wurde folgendem Zusatz in der Bundesverfassung zugestimmt: *«Übergangsbestimmung Art. 19 (neu). Für die Dauer von zehn Jahren seit Annahme dieser Übergangsbestimmung durch Volk und Stände werden keine Rahmen-, Bau-, Inbetriebnahme- oder Betriebsbewilligungen gemäß Bundesrecht für neue Einrichtungen zur Erzeugung von Atomenergie (Atomkraftwerke oder Atomreaktoren zu Heizzwecken) erteilt. Als neu gelten derartige Einrichtungen, für die bis zum 30. September 1989 die bundesrechtliche Baubewilligung nicht erteilt worden ist.»*

Zehn Jahre Pause für neue Kernanlagen

Schweizerische Energiepolitik heute

Die Landesregierung hat aus den Abstimmungsresultaten vom September 1990 Schlüsse gezogen, die sie in ihrem Aktionsprogramm «Energie 2000» am 1. März 1991 der Öffentlichkeit präsentierte. Demnach sollten bis zum Jahr 2000 der Verbrauch fossiler Energien und die Kohlendioxid-Emissionen zumindest stabilisiert und anschließend reduziert werden. Weiter soll das Wachstum des Stromverbrauchs in den 90er-Jahren zunehmend gedämpft und ab dem Jahr 2000 stabilisiert werden. Von den Wasserkraftwerken wird eine Produktionssteigerung von fünf Prozent, von den bestehenden Kernkraftwerken eine Leistungssteigerung von zehn Prozent erwartet. Erneuerbare Energien außer Wasserkraft sollen bis 2000 ein halbes Prozent zur Stromerzeugung und drei Prozent zur Wärmeerzeugung beitragen.

«Energie 2000»:

bestehende KKW plus 10 % Leistung

Ferner sei eine Fortsetzung der bisherigen Entwicklung – d.h. der Deckung der zunehmenden Stromnachfrage durch

Importe – abzulehnen. Bereits 1972, als wegen der Abwärmefrage die ersten Verzögerungen beim Bau weiterer Kernkraftwerke erkennbar wurden, beteiligten sich zwei Gruppen von Elektrizitätswerken an französischen Kernkraftwerken. Damals schrieb die Schweizerische Vereinigung für Atomenergie in ihrem Jahresbericht, *«daß es dabei nicht um mehr als temporäre Überbrückungsmaßnahmen geht, da unsere Umweltprobleme nicht einfach auf das Ausland abgeschoben werden können»*. Inzwischen hat die politische Auseinandersetzung aber dazu geführt, daß die schweizerischen Elektrizitätswerke zur Erfüllung ihres Versorgungsauftrags mehr und mehr Kernkraftwerk-Kapazität in Frankreich gekauft haben. Heute entspricht diese der Leistung von zwei großen Kernkraftwerken. Der Bundesrat möchte nun von dieser Entwicklung, die aus mehreren Gründen unerwünscht ist, wieder wegkommen.

2 «Schweizer KKW» in Frankreich

Als Fazit der politischen Auseinandersetzung um die Kernenergie in der Schweiz läßt sich heute aus der Sicht der Schweizerischen Gesellschaft der Kernfachleute (SGK) folgendes feststellen. Einerseits ist ein Teil der Stromproduktion ins Ausland verlegt worden, die ehemals florierenden industriellen Aktivitäten auf dem Nukleargebiet für in- und ausländische Kunden befinden sich in der Schweiz in Rezession, und internationale Ausstellungen und Konferenzen wie die Nuclex in Basel und die European Nuclear Conference, die 1990 in Genf hätte tagen sollen, sind von der Bildfläche verschwunden bzw. ins Ausland verlegt worden.

SGK: «Einerseits ...

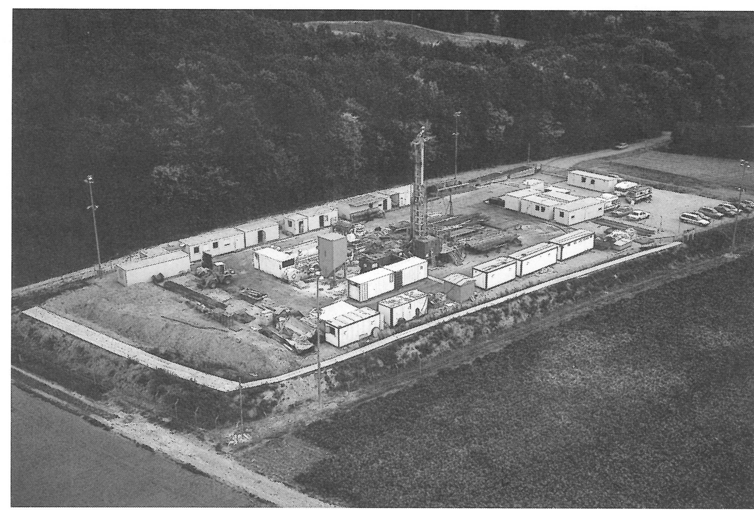
Andererseits akzeptiert die Mehrheit der Bevölkerung, insbesondere in der Nähe der Standorte, die bestehenden Kernkraftwerke auch weiterhin. Diese Werke decken mit rund 40 Prozent einen wesentlichen Teil des Strombedarfs, und von ihnen wird während der kommenden Jahre sogar eine zehnprozentige Leistungssteigerung erwartet. Hier bleibt als wichtigste Aufgabe für die Betreiber, die Sicherheit und Zuverlässigkeit dieser Werke auch im weiteren Betrieb unter Beweis zu stellen.

... andererseits»

Sonderthema Nukleare Entsorgung

In Erkenntnis der Notwendigkeit, langfristige Lösungen für die Entsorgung der in der Schweiz anfallenden radioaktiven Abfälle zu finden, gründeten Ende 1972 alle Verursacher solcher Abfälle, d.h. die Elektrizitätswirtschaft und die Schweizerische Eidgenossenschaft, die «Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle» (Nagra). Der Bund

1972: Nagra gegründet



Bei Siblingen im Kanton Schaffhausen bohrte die Nagra 1988/89, um den Untergrund zu erkunden und auf seine mögliche Eignung für ein Endlager zu prüfen. Zum Schutz der Anwohner vor dem Bohrlärm wurde das Bohrgelände mit einem Lärmschutzwall umgeben. Nach beendeter Arbeit ist die Baustelle vollständig rekultiviert worden.

Radioaktive Abfälle aus Medizin, Industrie und Forschung

gehört zu den Erzeugern von radioaktiven Abfällen, weil er Forschungsreaktoren betreibt und in Labors Spaltstoffe und bestrahltes Material verarbeitet, außerdem ist er gemäß Strahlenschutzverordnung für das Einsammeln und Entsorgen der Abfälle aus der Anwendung von Forschungsreaktoren und Radioisotopen in Medizin, Industrie und Forschung verantwortlich.

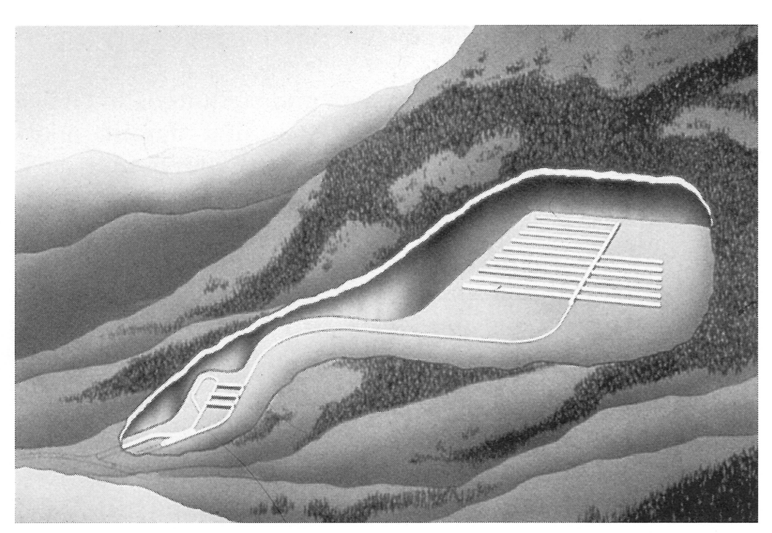
Ziel: Endlager

Ziel der Nagra sind Errichtung und Betrieb von Endlagern für radioaktive Abfälle. Bei den hierfür nötigen Vorarbeiten, z.B. Sondierbohrungen, wehte der Nagra praktisch von Anfang an der rauhe Wind der Kernenergie-Kontroverse ins Gesicht, indem entsprechende Anträge bei verschiedenen Kantonen und Gemeinden auf Ablehnung stießen. 1975 wurde durch das Gutachten von Prof. F. Gygy die alleinige Zuständigkeit des Bundes zur Bewilligung von Gesteinsbohrungen, Erstellung von Kavernen und den Bau von Lagern festgestellt.

Zuständigkeiten

Ab 1978 wurden die Arbeiten der Nagra in wesentlichem Maß durch die Ergänzung des Atomgesetzes beeinflußt, das 1979 in Kraft trat. Es enthält einerseits eine klarere Regelung der Zuständigkeiten bei der Bewilligung von vorbereitenden Handlungen, z.B. Sondierbohrungen. Anderseits wurde der Nachweis der Realisierbarkeit einer sicheren Endlagerung zur Bedingung für die weitere Kernenergienutzung erhoben. Hiernach sollte als Voraussetzung für die Erteilung weiterer Bewilligungen für neue Kernkraftwerke unter anderem ein Projekt vorliegen, welches Gewähr für die dauernde und sichere Endlagerung der aus solchen Anlagen stammenden radioaktiven Abfälle bietet. Diese Auflage wurde durch den Bundesrat auch auf die damals bestehenden Kernkraftwerke übertragen, indem die Erneuerung von Betriebsbewilligungen davon

Projekt «Gewähr»



So könnte ein Endlager für schwach- und mittelaktive Abfälle aussehen: In einem geologisch geeigneten Bergstock sind Stollen angelegt, die mit den verfestigten, wasserunlöslich gemachten Abfällen verfüllt werden.

abhängig gemacht wurde, daß bis zum 31. Dezember 1985 der geforderte Entsorgungsnachweis erbracht sei.

Sondierbohrungen

In den folgenden Jahren erhielten die Arbeiten der Nagra zu diesem Entsorgungsnachweis, der als Projekt Gewähr bezeichnet wurde, oberste Priorität. In diesem Zusammenhang wurden z.B. im Juni 1980 Gesuche für zwölf Sondierbohrungen zur Erkundung des kristallinen Grundgebirges in der Nordschweiz – im Hinblick auf die Entsorgung hochaktiver Abfälle – eingereicht. Im Frühjahr 1983 begann man auf der Grimsel mit dem Bau eines unterirdischen Felslabors.

Grimsel-Felslabor

Wegen Verzögerungen bei den Bewilligungen, die sich hauptsächlich aus dem Vernehmlassungs- und Einspracheverfahren ergaben, konnte aber erst anfangs Oktober 1982 mit der ersten Tiefbohrung bei Böttstein begonnen werden.

Aus der Standortevaluation für ein Endlager für schwach- und mittelaktive Abfälle wurden 1983 drei Standorte erster Priorität für weitere, bewilligungspflichtige Untersuchungen bestimmt. Ein vierter kam 1987 hinzu.

Nagra-Bericht 1985: technisch machbar

Nach sechsjähriger Forschungsarbeit reichte die Nagra dem Bundesrat auftragsgemäß Anfang 1985 den Bericht zum Projekt Gewähr ein: Die gesetzlich geforderte Endlagerung von radioaktiven Abfällen aller Art sei mit den heute vorhandenen Mitteln technisch machbar und zeitgerecht zu verwirklichen, die technischen Sicherheitsbarrieren wiesen eine hohe Wirksamkeit auf, und für die Langzeitsicherheit seien in der Schweiz geeignete geologische Optionen vorhanden. Im Interesse einer gründlichen Prüfung des Projekts Gewähr verlängerte der Bundesrat die den nuklearen Sicherheitsbehörden zur Begutachtung gesetzte Frist über den 31. Dezember 1985 hinaus. Damit wurden auch die auf den gleichen Termin

Termin verlängert

befristeten Betriebsbewilligungen für die Schweizer Kernkraftwerke erstreckt.

Ende 1986 wurden die Gutachten und Stellungnahmen der Sicherheitsbehörden veröffentlicht. Gestützt darauf, anerkannte der Bundesrat in seinem Entscheid vom 3. Juni 1988, daß eine dauernde und sichere Endlagerung der radioaktiven Abfälle in der Schweiz grundsätzlich nachgewiesen wurde. In bezug auf die kurzlebigen schwach- und mittelaktiven Abfälle erfolgte dieser Entscheid ohne Vorbehalt und bedeutete für die Nagra grünes Licht für die Fortführung der Arbeiten zur Vorbereitung eines entsprechenden Endlagers. Bezüglich der hoch radioaktiven Abfälle erging die Auflage, die erdwissenschaftlichen Untersuchungen zum Standortnachweis weiterzuführen und diese insbesondere auch auf Sedimentgesteine auszudehnen.

Bundesrat 1988: grundsätzlicher Nachweis erbracht

Seither liegt die erste Priorität auf der Vorbereitung des Endlagers für kurzlebige schwach- und mittelaktive Abfälle. Bei den hierfür notwendigen Sondierarbeiten an den vier in Diskussion stehenden Standorten trifft die Nagra z.T. auf erbitterten Widerstand von Gemeinden (z.B. in Ollon) bzw. Kantonen (z.B. der Nidwaldner Landsgemeinde), der Rechtsverfahren bis zum Bundesgericht nach sich zieht. Die politische Situation der nuklearen Entsorgung ist im Grunde ähnlich wie jene der Entsorgung von anderen toxischen Sonderabfällen: auf die Dauer unerläßlich, aber bei vielen Ängste und deshalb eine politische Blockierung bzw. eine Sankt-Florians-Mentalität in möglichen Standortgemeinden auslösend. Hier bleibt zu zeigen, daß bei der nuklearen Entsorgung durch die jahrelange technische Vorarbeit und die bereits vorliegenden praktischen Erfahrungen z.B. in Schweden solche Endlager sicher und umweltverträglich gebaut werden können.

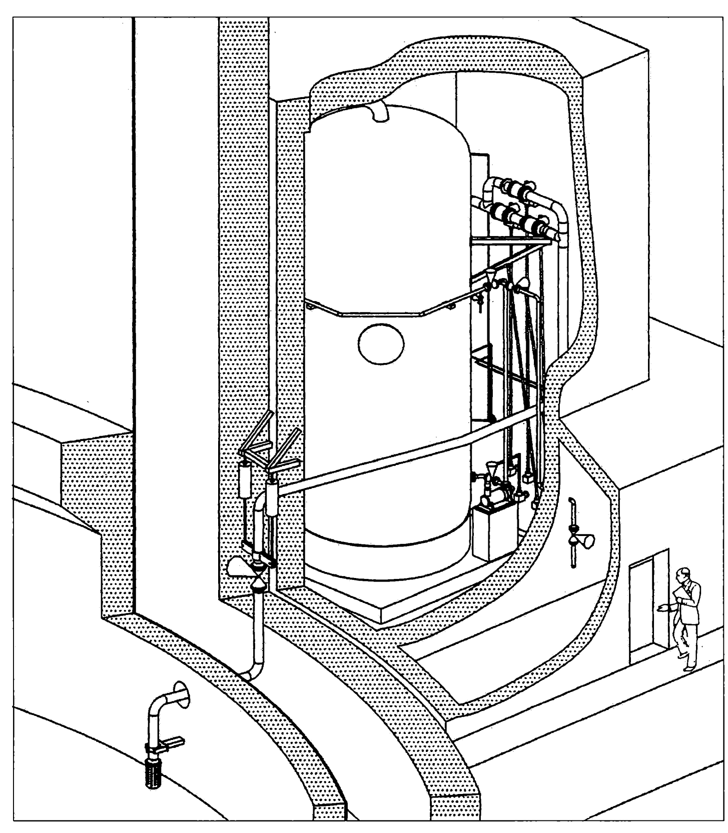
Priorität für schwach- und mittelaktive Abfälle

Widerstand

Schutz vor schweren Unfällen

Die Sicherheit von Kernkraftwerken – nach Tschernobyl wieder ein Hauptthema der öffentlichen Diskussion um die Kernenergie – wird durch Maßnahmen gewährleistet, die wie alles andere in unserer Welt einer zeitlichen Fortentwicklung unterliegen. Die Schutzziele selbst unterliegen keinem Wandel: Ein Reaktor muß jederzeit sicher abgeschaltet und in abgeschaltetem Zustand gehalten werden können, die sog. Nachwärme, die durch radioaktiven Zerfall der Spaltprodukte im Reaktorkern auch nach der Abschaltung noch weiter entsteht, muß sich sicher abführen lassen, und die Abgabe von radioaktiven Stoffen muß so begrenzt sein, daß die Strahlen-

Reaktor-Schutzziele



Damit auch bei einem – höchst unwahrscheinlichen – schweren Störfall das Containment vom Druck entlastet werden könnte, werden alle Schweizer Kernkraftwerke mit Druckentlastungssystemen nachgerüstet.
Für Beznau wird bis 1993 je Reaktorblock ein eigenes System eingebaut: Eine Rohrleitung führt aus dem Reaktorgebäude (links) in eine Druckkammer, wo radioaktive Stoffe aus dem Dampf gefiltert würden, so daß die zur Druckentlastung an die Umgebung abgegebene Luft keine unzulässige Strahlenexposition zur Folge hätte. Diese Schweizer Entwicklung (Sulzer/Elektrowatt) erhält auch das Kernkraftwerk Leibstadt.

belastung der Umgebung innerhalb gesetzlich vorgeschriebener Limiten bleibt. Zur Einhaltung dieser Schutzziele sind alle Reaktoren mit einer Anzahl von Sicherheitssystemen ausgerüstet, z.B. mit einem Sicherheitsbehälter bzw. Containment, das die eigentliche Reaktoranlage umschließt und eine Barriere gegen die Freisetzung von radioaktiven Stoffen bildet.

Barrieren

Im Verlaufe der letzten 20 Jahre haben die Schweizer Sicherheitsbehörden, d.h. die Eidg. Kommission für die Sicherheit der Kernanlagen (KSA) und die Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (HSK) eine Reihe von Projektierungsregeln und Richtlinien erlassen, die beim Bau und Betrieb von Kernkraftwerken eingehalten werden müssen und den Stand der sich weiterentwickelnden Technik spiegeln. So mußten bei der Auslegung der Sicherheitssysteme zur Beherrschung von Störfällen mit der Zeit neben den «Einwirkungen von Innen» – z.B. Rohrbrüchen im Reaktorkühlsystem – auch «Einwirkungen von Außen» – Erdbeben, Flugzeugabsturz oder Einwirkungen Dritter – in zunehmendem Maße berücksichtigt werden. Während diese Anforderungen bei den neueren Kernkraftwerken Gösgen und Leibstadt von Anfang an

Schutz nach innen ...

... und außen

berücksichtigt werden konnten, erforderten sie bei den älteren Anlagen Beznau und Mühleberg eine aufwendige Nachrüstung mit Notstandsystemen (s. Kapitel 10 und 11).

Auslegung für alle Eventualitäten

Die Sicherheitssysteme eines Kernkraftwerks sind dafür ausgelegt, eine große Anzahl denkbarer Störfälle so zu beherrschen, daß die obenerwähnten Schutzziele eingehalten werden und gleichzeitig die Anlage keinen dauernden Schaden erleidet. Kommt es trotzdem aus irgendwelchen Gründen zu einem Störfallablauf, der zu schweren Anlageschäden insbesondere am Reaktorkern führt, so können größere Mengen radioaktiver Stoffe ins Containment gelangen. Für den Schutz der Bevölkerung und der Umwelt ist es in einem solchen Fall entscheidend, daß die Barrierenfunktion des Containments aufrechterhalten werden kann. Beim Störfall von Three Mile Island 1979 war dies der Fall. Dieser Störfall löste in mehreren Ländern Forschungsprogramme aus, um selbst bei noch schwerwiegenderen, außerordentlich unwahrscheinlichen Unfallabläufen die Containment-Integrität durch gezielte und vorbereitete Maßnahmen sicherzustellen. In Tschernobyl fehlte ein umfassendes Containment-Gebäude.

Neu: Druckentlastung

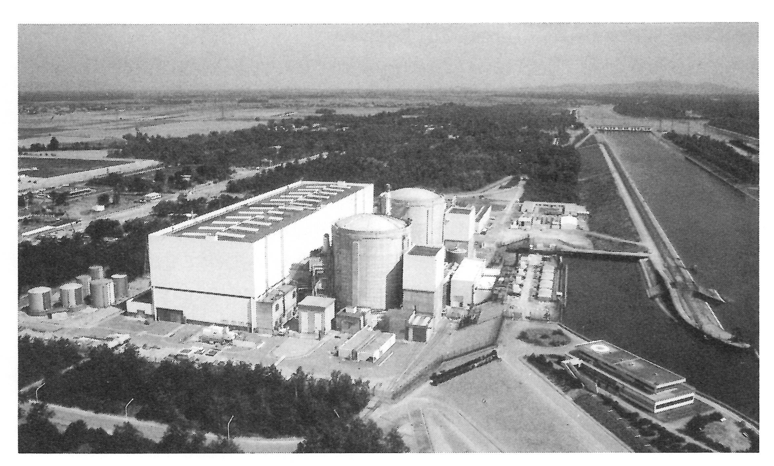
Heute sind die entsprechenden Anforderungen der KSA und HSK in der Richtlinie «Anlageninterne Maßnahmen gegen die Folgen schwerer Unfälle» niedergelegt. Unter den verschiedenen Maßnahmen zum Schutz des Primär-Containments ist vor allem die gefilterte Containment-Druckentlastung bekannt geworden. Entsprechende Druckentlastungssysteme werden in alle schweizerischen Kernkraftwerke eingebaut.

Alte Träume – immer noch aktuell?

Kernenergie ein Irrtum ?

Die Träume und Hoffnungen am Anfang der kerntechnischen Entwicklung – wie erscheinen sie uns aus heutiger Sicht? Haben sich die damals führenden Wissenschaftler (allen voran Prof. Paul Scherrer), die Politiker (insbesondere die Bundesräte Petitpierre und Spühler), die Industriellen wie Walter Boveri und Fritz Aemmer, ja der überwiegende Teil der schweizerischen Öffentlichkeit in ihrer Einschätzung geirrt, die Kernenergie sei neben der Wasserkraft die ideale Energiequelle für die Stromerzeugung in der Schweiz, aus Gründen des Umweltschutzes, der Versorgungssicherheit und der Wirtschaftlichkeit?

In der Schweiz wurde die in vielen Ländern notwendige Generation der fossil beheizten Kraftwerke vor allem aus Gründen des Umweltschutzes «übersprungen». Damals stand die Luftverschmutzung durch die Abgase der Heizkessel im



Am französischen 900-MW-Kernkraftwerk Fessenheim, 40 km nördlich Basel am Großen Elsaß-Kanal des Rheins gelegen, halten die drei Schweizer Elektrizitätsgesellschaften BKW, NOK und EOS je fünf Prozent Anteil.

Vordergrund, aber auch die Belastungen durch die Infrastruktur für die Ver- und Entsorgung kohlebefeuerter Kraftwerke wurden diskutiert. Heute hat sich die mit jeder fossilen Verbrennung verbundene Kohlendioxid-Erzeugung als globales klimatisches Problem des Treibhauseffekts hinzugesellt. Diese Umweltbelastungen treten beim Betrieb der Kernkraftwerke nicht auf.

Neues Thema Treibhauseffekt

Anderseits hat der schwere Reaktorunfall von Tschernobyl mit seiner großräumigen Kontamination das Vertrauen in die Aussage der Kernfachleute bei vielen erschüttert, daß bei einer verantwortungsvollen Nutzung der Kernenergie die Sicherheit von Mensch und Umwelt jederzeit gewährleistet sei. Ein Grundstock an Vertrauen sollte, so meinen wir, als Folge des langjährigen, sicheren Betriebs der fünf schweizerischen Kernkraftwerk-Blöcke bestehen, bestätigt durch die ablehnende Mehrheit bei der Abstimmung über die Ausstiegsinitiative 1990.

Vertrauen dank Zuverlässigkeit

Daß politische Entwicklungen die Versorgung mit fossilen Energieträgern und dadurch den Gang der gesamten Wirtschaft aufs schwerste beeinträchtigen können, haben die beiden Erdölkrisen in den 70er-Jahren klar bewiesen. Auch die Zusammenhänge bei der Auslösung der Golfkrise 1990/91 sind jedermann noch in Erinnerung. Demgegenüber lagern bei der Kernenergie die Energiereserven in Form von Uran in politisch «sicheren» Ländern, und die notwendige «Veredelung» durch Anreicherung und Brennstoffherstellung erfolgt ebenfalls in solchen. Besonders wichtig ist hier aber auch, daß große Energievorräte in den frischen Brennelementen auf kleinstem Raum auf Vorrat gelagert werden können, was es erlaubt, akute Versorgungskrisen zu überwinden und den Kernkraftwerk-Betrieb über längere Zeitperioden aufrechtzuerhalten.

Vorteile der Kernenergie

Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit der schweizerischen Kernkraftwerke ist durch die Betriebsergebnisse nachgewiesen. Niedrige Stromerzeugungskosten – zwischen sechs und zehn Rappen pro Kilowattstunde – haben dazu beigetragen, daß die Stromkosten für Haushalte und Industrie auch heute noch gering sind.

40 % Strom aus Kernenergie

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die ursprünglichen Hoffnungen in die Kernenergie trotz der geschilderten politischen Probleme weitgehend erfüllt worden sind. Heute deckt die Produktion der schweizerischen Kernkraftwerke etwa 40 Prozent unseres Stromverbrauchs. Die Erzeugung von französischen Kernkraftwerken mit schweizerischer Beteiligung, d.h. sozusagen von unseren im Ausland stationierten Kernkraftwerken, ist dabei nicht berücksichtigt ...

Eine Technik mit Zukunft

Kernenergie und Sonnenenergie

Versucht man, wesentliche Aspekte einer langfristigen Energieversorgung auf unserer Erde unter einen Hut zu bringen – gesicherte Energieressourcen, partnerschaftliche Energieversorgung der Industriestaaten und der heutigen Entwicklungsländer, immer realer werdendes Risiko des Treibhauseffekts, so ergibt sich, daß in den heutigen Industriestaaten – gerade auch in der Schweiz mit ihrer hierfür so geeigneten Infrastruktur – die Kernenergie auch in Zukunft einen wesentlichen Beitrag zur Stromversorgung leisten muß. Diese Schlußfolgerung bedeutet in keiner Weise, daß nicht auch das Potential der neuen alternativen oder erneuerbaren Energien möglichst ausgeschöpft werden sollte. Es kann sich hier aber nicht um ein Entweder/Oder, sondern nur um ein Sowohl-als-auch handeln. Aus dieser Sicht ist es einleuchtend, daß Kern- und Sonnenenergie zusammen mit anderen Energieformen komplementäre «Geschwister» einer umweltverträglichen Energieversorgung im 21. Jahrhundert sein werden.

Nachwuchssorgen

Diese Feststellungen sollten nicht darüber hinwegtäuschen, daß als Folge der langandauernden Kontroverse und insbesondere von Tschernobyl die Kernenergie in der Schweiz wie anderswo gegenwärtig von breiten Teilen der Öffentlichkeit auf die Sündenbank verwiesen ist. Diese Einstellung hat Auswirkungen – beispielsweise, daß es schwierig geworden ist, junge Menschen für eine Berufslaufbahn in der Kerntechnik zu gewinnen.

Trotzdem ist die überwiegende Mehrzahl der Fachleute der Meinung, daß aus den erwähnten Gründen die Kernenergie auch langfristig nicht von der Bildfläche verschwinden wird.

Kernkraftwerk (Jahr der Inbetriebnahme)	Beznau I + II (1969 + 1972)	Mühleberg (1972)	Gösgen (1979)	Leibstadt (1984)
Investitionskosten, ohne Brennstoff	je 350 Mio Fr.	251 Mio Fr.	2,02 Mrd. Fr	4,8 Mrd. Fr.
Stromgestehungskosten 1991	6 Rp./kWh	6 Rp./kWh	6 Rp./kWh	9 Rp./kWh
Arbeitsausnutzung bis Ende 1990	82 %	85 %	83 %	84 %
Gesamt-Stromerzeugung bis Ende 1990	100 Mrd. kWh	44 Mrd. kWh	78 Mrd. kWh	45 Mrd. kWh

Investitionskosten, Stromgestehungskosten, Arbeitsausnutzung und gesamte bzw. «kumulierte» Stromerzeugung der Schweizer Kernkraftwerke.

Vielmehr glauben wir, daß das öffentliche Ansehen dieser Energiequelle – auch im Lichte der Fortschritte bei der Entsorgung – wieder zunehmen wird, und sei es auch erst, wenn die oben angedeuteten energiepolitischen Zwänge noch unmittelbarer bewußt werden. In der Zwischenzeit aber muß die Entwicklung der Kerntechnik weitergehen, und sie geht weiter. Als vordringlichste Aufgabe ist die Behebung der Sicherheitsdefizite gewisser Kernkraftwerke – vor allem in Osteuropa – in Gang gekommen.

Vordringlich: sichere Ost-KKW

Ziel der 1989 gegründeten weltweiten Kernkraftwerk-Betreiberorganisation WANO (World Association of Nuclear Operators), der IAEO und anderer internationalen Organisationen ist es, weltweit einen ähnlich hohen Sicherheitsstand aller Kernkraftwerke zu erreichen, auch in Osteuropa. Daneben wird an vielen Orten auf der Welt daran gearbeitet, die heutigen, vielfach bewährten Leichtwasserreaktoren sowohl in sicherheitstechnischer als auch in betrieblicher Hinsicht weiterzuentwickeln. Dies betrifft z.B. die bereits erwähnten Schutzmaßnahmen bei unterstellten schweren Unfallabläufen, welche die Auswirkungen auf die Anlage selbst beschränken und den Schutz der Umgebung gewährleisten. Ferner sind Entwicklungen im Gange, bei denen aktive Sicherheitssysteme (wie etwa Notkühlsysteme zur Abfuhr der Nachwärme) durch sogenannte passive Systeme (ohne bewegte Teile) ersetzt werden. Auf beiden Gebieten ist das Paul Scherrer Institut mit interessanten Forschungen und Experimenten im Rahmen internationaler Zusammenarbeit tätig.

Noch sicherere Reaktoren

Forschung auch am PSI

Daher darf man wohl annehmen, daß unsere jetzigen Kernkraftwerke dereinst, nach mehreren Jahrzehnten zuverlässigen Betriebs, durch Reaktoren der neuesten Generation ersetzt werden.

Chronologie

Wichtige Daten aus der Geschichte der Kerntechnik in der Schweiz sowie weltweit in zeitlicher Folge (mit Seitenhinweisen auf Texte dazu)

20er Schweizer Wissenschaftler befassen sich mit Kernphysik (30f)

30er In der Schweiz Teilchenbeschleuniger für Kernphysik gebaut (32)

1937 Scherrer und Mitarbeiter verpassen Entdeckung der Kernspaltung (32)

1938 In Deutschland finden Hahn und Straßmann Kern-Bruchstücke, die Meitner und Frisch durch Kernspaltung erklären (32)

1939 Szilard in den USA sowie Halban, Joliot und Kowarsky in Frankreich erkennen die Möglichkeit einer Kettenreaktion in Uran (33)

Helmut Bradt bestimmt in Zürich die Zahl der Spaltneutronen (34)

1942 Erster Atommeiler der Welt in Chicago in Betrieb genommen (24f)

1945 Atombombenabwürfe der USA über Japan 34f)

Prof. Paul Scherrers klassischer Artikel über die Grundlagen der Atomenergienutzung in der «Neuen Zürcher Zeitung» (11ff)

Schweizerische Studienkommission für Atomenergie (SKA) gegründet (40)

1946 Schweizer Industriefirmen beginnen Arbeiten in der Atomtechnik (115)

1948 Drei Industriefirmen gründen «Industriekommission Kernenergie» (44)

1952 Bildung der «Arbeitsgemeinschaft Kernreaktor» (AKR) (45)

1953 USA und UdSSR zünden je ihre erste große Wasserstoffbombe (49)

Präsident Eisenhower präsentiert vor UNO «Atome für den Frieden» (49)

Die Schweiz erstmals im Besitz von Uran (41)

1955 Erste Internationale Genfer Konferenz «Atome für den Frieden» (47ff)

Eidgenossenschaft kauft an Genfer Konferenz Schwimmbadreaktor (55)

Gründung der «Reaktor AG» (45, 90ff, 116ff)

1956 Bundesrat ernennt Delegierten für Fragen der Atomenergie (62)

Erstes Abkommen Schweiz/USA auf dem Gebiet der friedlichen Verwendung der Atomenergie (80)

Erstes kommerzielles Atomkraftwerk der Welt in Calder Hall, GB (164)

1957 Gründung der Internationalen Atomenergie-Organisation IAEO (49)

Inbetriebnahme SAPHIR-Reaktor in Würenlingen (55, 94f)

Deutsch- und Westschweizer Unternehmen gründen »Suisatom» (117)

Westschweizer Industrie und E-Werke gründen «ENUSA» (121f, 134f)

1958 Bau eines nuklearen Heizkraftwerks unter der ETH Zürich geplant (123f)

Gründung der «Schweizerischen Gesellschaft der Kernfachleute» (SGK) und der «Schweizerischen Vereinigung für Atomenergie» (SVA) (45)

Schweizer Zentrum für Fusionsforschung (CRPP) in Lausanne (73)

1959 Eidg. Räte verabschieden das Atomgesetz (67f)

1960 Bund unterstützt Bau und Betrieb von Versuchs-Leistungsreaktoren (63)

	Bund gründet Sektion für die Sicherheit von Atomanlagen (SSA) (64)
	Bund übernimmt Personal und Anlagen der Reaktor AG in das neue «Eidg. Institut für Reaktorforschung» (EIR) (63, 101ff)
	Inbetriebnahme des Schweizer Reaktors DIORIT am EIR (104ff)
	Bau des Hotlabors am EIR (102)
	Therm-Atom AG zum Bau und Betrieb von Kernreaktoren gegründet (126)
1961	ENUSA, Suisatom und Therm-Atom bilden «Nationale Gesellschaft zur Förderung der industriellen Atomtechnik» (NGA) (77, 126, 138ff)
1962	NGA beschließt den Bau des Versuchsatomkraftwerks Lucens (142)
1963	Bundesrat drängt E-Werke zum Bau von Atomkraftwerken (157)
1964	NOK beschließt Bau des ersten Schweizer Atomkraftwerks in Beznau (169)
1965	BKW faßt Baubeschluß für Atomkraftwerk in Mühleberg (183)
	Abkommen mit den USA über Uran-Lieferungen (81)
1966	Schweizerischer Bund für Naturschutz befürwortet Atomkraftwerke im Interesse der Luftreinhaltung (159)
1967	Schaffung der Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (ASK) (64)
	Schweizer Industrie gibt eigene Reaktorlinie auf (79)
	NOK beschließt Bau von Beznau II (177)
1969	Die Schweiz unterzeichnet den Atomsperrvertrag (42)
	Inbetriebnahme von Beznau I (177)
	Störfall im Versuchsatomkraftwerk Lucens (145f)
	Standortbewilligung für das Kernkraftwerk Leibstadt (198)
1970	Politische Kontroverse um die Kernenergie in der Schweiz beginnt (199)
1971	Turbinenbrand in Mühleberg verzögert Inbetriebnahme um ein Jahr (188f)
1972	Inbetriebnahme von Beznau II (177)
	Gründung der Nagra zum Bau von Endlagern (207f)
	Standortbewilligung für das Kernkraftwerk Gösgen-Däniken (195)
1975	Kernenergie-Gegner besetzen Baugelände in Kaiseraugst (201)
1978	Kernkraftwerk Gösgen in Betrieb (196)
1979	Störfall in «Harrisburg», USA, entfacht neue Diskussionen (203)
	Volksabstimmung verwirft «Atominitiative» gegen Kernkraftwerke (202)
	Bundesbeschluß zum Atomgesetz in Kraft gesetzt (69)
1981	Bundesrat erteilt Rahmenbewilligung für Kernkraftwerk Kaiseraugst (203)
1982	Neues Kernenergie-Haftpflichtgesetz (204)
1983	Beznau beginnt Fernwärmelieferung für REFUNA (192)
1984	Inbetriebnahme des Kernkraftwerks Leibstadt (198)
	Atom- und Energieiniative gegen Kernkraftwerke abgelehnt (204)
1986	Reaktorkatastrophe von Tschernobyl löst neue Akzeptanzkrise aus (204f)
1988	Bundesrat: Machbarkeit von Endlagern in der Schweiz erwiesen (210)
1990	Ausstiegsinitiative abgelehnt, Moratoriumsinitiative und Energieartikel vom Volk angenommen (206)

Bref historique de l'énergie nucléaire en Suisse

L'âge nucléaire a débuté en Suisse le 30 avril 1957, lorsque des physiciens et ingénieurs suisses ont pour la première fois – sous leur propre responsabilité – fait redémarrer le réacteur SAPHIR dans le centre de recherche de Würenlingen. Ce réacteur-piscine avait été acheté au gouvernement des Etats-Unis en 1955, après qu'il ait été exposé à Genève pendant la durée de la première Conférence des Nations Unies sur l'utilisation pacifique de l'énergie atomique.

SAPHIR, une affaire en or

La lueur dégagée par le coeur de ce réacteur, mis en marche par le président Dwight Eisenhower, avait fasciné tous les visiteurs de la Conférence; c'était la première fois au monde qu'un réacteur nucléaire était montré au public.

Monsieur Paul Scherrer, professeur à l'Ecole polytechnique fédérale, avait – à la suite d'un trait de génie – réalisé bien avant la conférence que les Américains ne pourraient pas rapatrier ce réacteur aussi facilement qu'ils l'avaient amené à Genève quelques semaines avant l'ouverture de la Conférence. Pourquoi ne pas laisser en Suisse ce réacteur devenu entre-temps radioactif ? Un accord signé entre les gouvernements suisse et américain, après cinq semaines de négociations, permit à Paul Scherrer de doter la Suisse de son premier outil de

travail nucléaire pour la modique somme de 180'000 dollars. Exploité à une puissance de 10 kilowatts pendant les trois semaines qu'avait duré la Conférence, le réacteur devait voir plus tard sa puissance portée à 10.000 kilowatts. Il est demeuré pendant longtemps l'outil essentiel pour la recherche sur la fission nucléaire en Suisse.

La recherche nucléaire dès les années vingt

La recherche nucléaire a débuté en Suisse beaucoup plus tôt en réalité. Plusieurs instituts universitaires ont pris une part active aux travaux de recherche en physique nucléaire dans les années vingt et trente. Le plus célèbre d'entre-eux était l'Institut de physique de l'Ecole polytechnique fédérale à Zurich, dirigé par le professeur Scherrer.

En fait, quelques mois après la découverte des neutrons de fission secondaires en juillet 1939, ses étudiants mesuraient déjà leur nombre avec une bonne précision. Paul Scherrer, un génie de la physique expérimentale et un maître de la communication tant dans les amphithéâtres qu'en public, a enthousiasmé pendant 40 ans des milliers d'étudiants, d'hommes politiques et de profanes pour la physique nucléaire.

Monsieur Scherrer va à Washington, puis à Berne

Coupé, en raison du secret entourant les recherches conduites à l'étranger, du courant principal de l'évolution scientifique pendant la seconde guerre mondiale, Scherrer se rendit aux Etats-Unis en septembre 1945 pour se mettre au courant des derniers développements. Grâce à ses contacts avec des officiels américains, sans oublier de nombreux anciens élèves américains ayant fait leur chemin dans le «Manhattan Project», Scherrer ramena à Zurich une connaissance large et approfondie de la technologie des réacteurs, qu'il se mit aussitôt à disséminer – avec son fameux commentaire «c'est tout simple» – dans de nombreux cours, conférences et articles de presse. Le premier chapitre du présent ouvrage reproduit in extenso un article publié en novembre 1945 dans la «Neue Zürcher Zeitung» qui résume avec une clarté étonnante les principes fondamentaux de la technologie des réacteurs nucléaires.

Le gouvernement suisse créa en novembre 1945 la Commission d'étude de l'énergie atomique (SKA) dont le mandat était de conseiller le gouvernement dans tous les domaines liés à l'utilisation civile et militaire de l'énergie nucléaire. Cette commission indépendante, présidée par Scherrer, fut chargée en outre de gérer un crédit de 18 millions de francs voté par le parlement pour soutenir les activités de recherche et de développement.

Pas de développement d'armes atomiques

En ce qui concerne les applications militaires de l'énergie nucléaire, la commission se vit confier par le gouvernement la tâche d'étudier toutes les questions en rapport avec les armes atomiques, c'est-à-dire de préparer les mesures nécessaires pour protéger l'armée et la population contre leurs effets. La commission dut également faire l'inventaire des moyens qu'exigerait le développement de telles armes par la Suisse. En fait, la Suisse conserva – sur le plan politique tout au moins – la possibilité de se doter d'un armement atomique jusqu'à la signature du Traité de non-prolifération des armements nucléaires en 1969, et sa ratification par le parlement en 1977. Cette politique gouvernementale trouva un soutien total dans la population ainsi qu'en témoigne le rejet de deux referendums(en 1962, puis 1963) qui voulaient restreindre la liberté d'action du gouvernement dans ce domaine sensible. En vérité, aucun programme de développement d'armes nucléaires n'a été poursuivi en Suisse: il n'y eut jamais un groupe de savants travaillant sous le couvert d'un programme civil, ou de laboratoire secret caché dans les Alpes...

Réacteurs au graphite, puis à l'eau lourde

L'industrie suisse montra très tôt son intérêt pour l'énergie nucléaire. Walter Boveri, président de la S.A. Brown, Boveri et Cie (BBC, maintenant ABB) et fils de son fondateur, prit dès 1946 l'initiative de former un premier groupe de physiciens et de lancer un programme de développement. BBC fut rejoint plus tard par d'autres sociétés, en particulier Sulzer Frères S.A. et Escher-Wyss S.A. (faisant maintenant partie du groupe Sulzer). Les premières études portèrent d'abord sur des réacteurs modérés au graphite et refroidis au gaz carbonique. Dès 1952, toutefois, les études de développement furent concentrées sur les réacteurs à eau lourde, suivies du projet du réacteur de recherche DIORIT devant équiper le futur centre de recherche national de Würenlingen.

Grâce aux efforts persévérants de Walter Boveri et Paul Scherrer un important groupe de sociétés (plus de 150 entreprises de l'industrie, banques et producteurs d'électricité) unirent leurs forces pour fonder en 1955 la société Réacteur S.A. dans le but de construire et d'exploiter un centre de recherche national, privé, devant abriter les réacteurs SAPHIR et DIORIT. La construction des installations les plus importantes, en particulier du réacteur à eau lourde DIORIT, dura de 1955 à 1961. Les actionnaires de la Réacteur S.A. ayant réalisé entre-temps que la recherche nucléaire est une entreprise de longue haleine exigeant énormément de travail et d'argent – sans espoir de succès immédiat – le centre de recherche fut repris en 1960 par la Confédération, et devint l'Institut fédéral de recherches en matière de réacteurs (IFR, en allemand EIR). La fusion de l'IFR de Würenlingen avec un autre

centre de recherche nucléaire situé de l'autre côté de l'Aar, à Villigen, donna naissance en 1988 à l'Institut Paul Scherrer.

Centrales expérimentales et accident de Lucens

Alors que l'IFR était en voie de réalisation, plusieurs groupes industriels concurrents se préparaient à construire des centrales nucléaires expérimentales. La société Énergie Nucléaire S.A. (ENUSA), qui groupait des cantons, des entreprises électriques, des industries et des bureaux d'ingénieurs romands, envisageait la réalisation d'une centrale expérimentale de 5 MWe à Lucens, dans le canton de Vaud. Suisatom S.A., dont les entreprises électriques suisses étaient les principaux partenaires, projetait la construction d'une centrale expérimentale de 20 MWe. Ces deux centrales devaient être équipées de réacteurs à eau bouillante (le premier de conception suisse, le second importé des Etats-Unis), placé dans une caverne jouant le rôle d'enceinte de confinement. Quant au consortium mené par Sulzer Frères S.A., il se proposait d'installer un réacteur à eau lourde de conception indigène sous l'Ecole polytechnique fédérale, en pleine ville de Zurich. Le refus du Conseil Fédéral d'accorder des subsides à chacun des trois projets obligea les promoteurs à coopérer et à limiter leur ambition à la réalisation d'un seul projet. On construirait donc à Lucens, avec la participation des partenaires d'ENUSA, de Suisatom et de bureaux d'ingénieurs intéressés, une centrale équipée d'un réacteur développé par Sulzer et d'autres entreprises de l'industrie suisse des machines, entre-temps regroupées au sein de la société Therm-Atom S.A.

Dans cet effort national, la société ENUSA joua donc un rôle central. ENUSA, c'était presque toute la Suisse romande: 5 cantons, 11 communes (dont les villes de Genève et Lausanne), 4 compagnies d'électricité et services industriels, ainsi que 12 sociétés privées des branches les plus diverses (banques, assurances et bureaux d'ingénieurs). L'élan romand fut vraiment extraordinaire; il s'inscrivait par ailleurs dans un mouvement plus vaste destiné à affirmer la vocation industrielle de la Suisse romande dans le cadre de l'Exposition nationale de 1964 à Lausanne. Des hommes remarquables luttèrent à la fin des années cinquante pour donner à la Suisse romande une place de premier rang dans le développement de l'énergie nucléaire: entre autres, Daniel Bonnard et André Gardel, de même que Maurice Consandey et Bernard Vittoz qui devaient assumer par la suite les plus hautes fonctions à l'Ecole polytechnique fédérale. Sur le plan politique, le soutien du Conseiller aux Etats genevois Eric Choisy fut également d'une grande importance.

C'est en 1962 que commença la construction de la Centrale nucléaire expérimentale de Lucens. Equipée d'un réacteur à tubes de force d'une puissance thermique de 30 mégawatts, modéré à l'eau lourde et refroidi au gaz carbonique,

elle devait délivrer une puissance électrique de 6 mégawatts. Le réacteur ayant divergé pour la première fois à fin 1966, la mise en service de la centrale fut achevée au début de 1968. En dépit de nombreux problèmes techniques, le consortium de constructeurs Therm-Atom apporta la preuve que l'industrie suisse était capable de construire des centrales nucléaires complètes. Un an plus tard malheureusement, le 21 janvier 1969, un accident survenu dans le réacteur endommagea le système de refroidissement primaire, causa une fuite de gaz radioactif dans la caverne et mit abruptement fin à l'exploitation de la centrale. Une entrée d'eau dans le système primaire durant la dernière révision de l'installation, due à l'inétanchéité d'un joint d'une des soufflantes, avait provoqué une sévère corrosion du gainage en magnésium de plusieurs éléments de combustible. Les produits de corrosion gênant alors le passage du gaz réfrigérant, une surchauffe de ces éléments se produisit lors de la remise en marche du réacteur, conduisant à une fusion partielle du combustible et même à la combustion d'un élément situé à la périphérie du coeur du réacteur.

Le réacteur prototype de Lucens ne put ainsi servir de référence à de futurs réacteurs nucléaires de conception indigène et devenir le précurseur d'une série de réacteurs destinés à des centrales commerciales. Cette question avait en fait été tranchée bien avant l'accident de 1969, lorsque la plus importante entreprise électrique publique du pays – les Forces motrices du nord-est de la Suisse (plus connues sous le sigle NOK) – passa commande en 1965 de la première unité de 350 mégawatts de la centrale nucléaire de Beznau.

La commande de Beznau I marqua la fin d'un rêve; celui de la poursuite d'un programme national de développement de réacteurs fondé sur une technologie indigène. Grâce aux efforts accomplis jusque-là, l'industrie suisse se trouva néanmoins en mesure par la suite de conquérir une position forte sur les marchés suisse et étrangers en qualité de fournisseur d'équipements et de services pour des centrales nucléaires.

Le nucléaire, le seul choix

Le gouvernement fédéral avait exercé, durant plusieurs années avant 1965, une forte pression sur les entreprises électriques suisses pour qu'elles construisent des centrales nucléaires. Les arguments officiels en faveur du nucléaire étaient simples: 1) faible coût de production de l'électricité, 2) diversification des sources d'approvisionnement en combustible et, ce qui n'est pas le moindre argument, 3) protection de l'environnement. En fait, les autorités locales et le public en général étaient déjà fortement opposés à la construction de centrales thermiques brûlant des combustibles fossiles, et à la construction de nouveaux barrages d'accumulation dans les Alpes. L'énergie propre d'origine hydraulique devait être complétée par de l'énergie propre d'origine nucléaire. Les compagnies

d'électricité devaient ainsi passer aux actes, et ne pouvaient pas attendre qu'un réacteur de conception indigène soit devenu une réalité et ait fait la preuve de sa compétitivité.

Un réacteur à eau sous pression de Westinghouse pour Beznau

Confrontée à un doublement de la consommation d'électricité dans son réseau de distribution tous les dix ans, au manque de sites propres à la construction de nouveaux aménagements hydro-électriques et à une vive opposition à ses projets de centrales thermiques à combustible fossile, NOK fut la première société d'électricité à franchir le pas.

NOK choisit la technologie américaine pour augmenter sa capacité de production déjà surchargée. Le prix offert par Westinghouse pour la centrale à eau sous pression de Beznau – environ 200 dollars par kilowatt installé – était simplement imbattable.

Un contrat pour la livraison clef en main d'une centrale d'une puissance électrique de 350 mégawatts, équipée d'un réacteur d'une puissance thermique de 1120 mégawatts et de deux groupes turbo-alternateurs fut signé en août 1965 avec le consortium groupant Westinghouse International Atomic Power Co., Ltd. et la S.A. Brown, Boveri & Cie. Sur la base des offres très compétitives reçues de Westinghouse et de BBC, l'investissement total était estimé à 350 millions de francs et le coût de production de l'énergie électrique à 2,8 centimes par kilowatt-heure. L'autre fournisseur possible eut été General Electric, à peine moins favorable en ce qui concerne les prix et les garanties offerts. Profitant d'une option du même consortium, NOK commanda un double de la première unité à fin 1967. La réalisation de ces deux unités, du début des travaux de construction jusqu'à la réception des unités, prit 51 mois pour Beznau I, et 48 mois pour Beznau II, et se déroula conformément aux calendriers et aux budgets initiaux. Au total, 70 pour-cent des coûts d'investissement allèrent à l'industrie suisse, apportant une preuve indirecte de la compétence de celle-ci dans ce domaine.

Les centrales nucléaires de Beznau ont produit 101 milliards de kilowatts-heure environ entre 1969 et le 31 décembre 1990, un chiffre qui correspond au double de la consommation totale annuelle d'électricité suisse actuelle. Le facteur de charge cumulé des deux centrales atteignait 82 pour-cent à fin 1990. Aucun accident, incident grave ou irradiation excessive du personnel ne se sont produits durant quelque 40 réacteur-années d'exploitation.

Le coût de production de l'électricité est demeuré au niveau très compétitif de 6 centimes par kilowatt-heure. Prévoyant de poursuivre l'exploitation pendant au moins 20 ans, le propriétaire de la centrale a entrepris des modifications mineures ou plus importantes, telles que le remplacement de générateurs de

vapeur, et l'installation de systèmes de refroidissement de secours et de purge de l'enceinte de confinement.

... et un réacteur à eau bouillante de General Electric pour Mühleberg

Pour les mêmes raisons que NOK, une autre entreprise électrique publique – les Forces motrices bernoises S.A. (plus connues sous le sigle BKW) – décida en 1965 de se tourner vers le nucléaire. Pour des raisons plus commerciales que techniques BKW porta son choix sur une centrale d'une puissance électrique de 306 mégawatts, équipée d'un réacteur à eau bouillante construit par General Electric et deux groupes turbo-alternateurs livrés par Brown Boveri, et signa avec le consortium General Electric Technical Services Co. (GETSCO) - BBC un contrat clef en main d'un montant de 225 millions de francs. Compte tenu des frais du maître de l'ouvrage, l'investissement total était estimé à 251 millions de francs et le coût de production de l'énergie électrique à 2,2 centimes par kilowatt-heure pour un facteur de charge de la centrale de 80 pour-cent.

C'était une affaire encore meilleure que celle de Beznau. La centrale atteignit sa pleine puissance en juillet 1971, 51 mois après le début de sa construction. Le 28 du même mois, cependant, un incendie éclata dans l'un des turbogroupes: le desserrement d'un boulon, provoqué par des vibrations, causa une fuite d'huile sous pression qui prit feu en atteignant l'isolation en amiante d'une vanne. L'incendie occasionna d'importants dégâts aux deux groupes et à la halle des machines, mais aucun à la partie nucléaire de l'installation. Après 18 mois de réparations coûtant 20 millions de francs, la réception officielle de la centrale put avoir lieu le 6 novembre 1972.

Entre sa mise en service et le 31 décembre 1990 la centrale nucléaire de Mühleberg a produit 44 milliards de kilowatts-heure environ. Son facteur de charge cumulé atteignait 85 pour-cent à fin 1990. Aucun problème majeur ou incident sérieux n'ont été déplorés durant près de 20 années d'exploitation. Le propriétaire de la centrale a investi pendant cette période presque autant d'argent pour des modifications augmentant sa sûreté et sa puissance, qu'il en avait dépensé pour sa construction. La puissance de la centrale a été portée à 320 mégawatts en 1976, et un système de refroidissement de secours a été ajouté en 1989. Le coût de production atteint, en 1991, 6 centimes par kilowatt-heure.

Gösgen, la première centrale de grande puissance

Des taux de croissance de la consommation d'électricité soutenus et la diminution des coût marginaux d'investissement rendirent la construction de grandes unités

nucléaires de plus en plus intéressante à la fin des années soixante: des unités de 900 à 1000 mégawatts devinrent alors la norme. De telles unités exigent toutefois de grandes quantités d'eau de refroidissement, environ 50 mètres cubes par seconde. Plusieurs rivières suisses pouvaient en fait fournir l'eau nécessaire à de grandes unités nucléaires, tout en limitant l'augmentation locale de température à 3 °C, la norme imposée par la Confédération. Mais à l'époque, ces cours d'eau étaient passablement pollués par les eaux usées non traitées rejetées par les égouts municipaux. Comme un réchauffement de l'eau ralentit le processus biologique d'auto-purification, le Conseil Fédéral décida en 1971 que les prochaines centrales nucléaires devraient être équipées de tours de réfrigération. C'est pourquoi le projet de Gösgen, et peu après celui de Leibstadt, durent être modifiés pour permettre un refroidissement atmosphérique par tour.

Mais des tours de 150 mètres de haut, c'étaient des constructions écrasantes dans un paysage helvétique encore pré-industriel. Il était certes facile de montrer que leur impact sur les conditions météorologiques et l'environnement serait faible, mais il était impossible de cacher leurs dimensions imposantes. Inconnues dans une Suisse sans grande centrale thermique, les tours de réfrigération devinrent le symbole menaçant et envahissant des centrales nucléaires, ce qui constitua un facteur résolument négatif pour l'acceptation de l'énergie nucléaire par le public.

Le projet de Gösgen a été réalisé sous la direction de la société privée Aar et Tessin S.A. d'électricité (ATEL), dans le cadre d'une association groupant une série d'autres entreprises électriques ainsi que les Chemins de fer fédéraux.

Un contrat fut signé en 1973 avec Kraftwerk Union (Siemens) pour la livraison clef en main d'une centrale de 920 mégawatts, équipée d'un réacteur à eau sous pression et d'un groupe turbo-alternateur. La construction et les essais se déroulèrent sans aucun accroc jusqu'au premier couplage au réseau en février 1979, et les essais à 80 pour-cent de la puissance nominale en mars. L'accident de Three-Mile-Island, survenu le 29 mars 1979, retarda de 8 mois la fin de la mise en service, les autorités de sûreté suisses étudiant dans l'intervalle les conséquences possibles de cet accident sur la sûreté de la centrale de Gösgen. L'investissement fut de 2 milliards de francs.

La centrale nucléaire de Gösgen a au 31 décembre 1990 produit 78 milliards de kilowatts-heure, avec un facteur de charge cumulé de 83 pour-cent. Grâce aux standards de sûreté et d'exploitation très sévères appliqués dès le début de la construction, aucune modification n'a dû être apportée à l'installation durant les 10 premières années de service. Une augmentation de la puissance de 7 pour-cent a été autorisée en 1985. Outre une performance excellente de la centrale, ses propriétaires ont eu la satisfaction supplémentaire d'un solide soutien de la part de la population locale: un référendum cantonal réclamant la fermeture de Gösgen a en 1987 été rejeté par 73 pour-cent des votants (83 pour-cent dans la localité même). Le coût du kilowatt-heure atteint 6 centimes.

Leibstadt, la deuxième centrale de grande puissance

La deuxième unité de 900 MWe a été construite sur le Rhin – à la frontière avec l'Allemagne, près du village de Leibstadt – par un groupe de sociétés suisses, dont la S.A. l'Énergie de l'Ouest-Suisse, et une société allemande (Badenwerk AG). Cette association, dirigée par le groupe Electrowatt S.A., signa en décembre 1973 un contrat avec un consortium unissant General Electric Technical Services Co. (GETSCO) et la S.A. Brown, Boveri & Cie, pour la livraison clef en main d'une centrale nucléaire d'une puissance de 940 MWe, équipée d'un réacteur à eau bouillante. Lorsque sa construction commença en 1974, on pouvait s'attendre à un coût total dépassant à peine 2 milliards de francs et une durée de construction inférieure à 5 ans. Ces estimations allaient vite se révéler trop optimistes: Leibstadt devint en réalité un projet extrêmement difficile.

Confrontées à deux demandes de permis de construire déposées simultanément pour Gösgen et Leibstadt en 1973, les autorités de sûreté suisses déclarèrent que leur effectif limité de spécialistes ne leur permettrait pas de traiter les deux projets en parallèle. Les promoteurs (dont plusieurs partenaires avaient une participation dans chacun des projets) décidèrent alors de donner la priorité au projet de Gösgen. Cette décision entraîna pour le projet de Leibstadt non seulement un retard dans la procédure d'autorisation, mais en fait une redéfinition du projet, avec de lourdes conséquences sur la durée et le coût de la construction.

Il faut rappeler que les autorités de sûreté suisses avaient principalement eu affaire jusqu'en 1973 à des constructions et pratiques de sûreté américaines. Une doctrine helvétique en matière de sûreté nucléaire avait bien été développée entre-temps, mais elle était fortement influencée par les pratiques américaines appliquées pour Beznau et Mühleberg. C'est alors qu'arriva Gösgen, avec la technologie allemande, des systèmes de sûreté supérieurs, une plus grande redondance, une meilleure protection contre les agressions extérieures, en particulier contre la chute d'avion. Convaincues que l'approche germanique était la bonne pour de grandes puissances unitaires, les autorités de sûreté décidèrent de les adopter aussi pour Leibstadt, sans changement. Il en résulta que le projet d'exécution de l'îlot nucléaire, que General Electric avait déjà complètement achevé sur la base des critères de sûreté précédemment appliqués en Suisse aux installations d'origine américaine, dut être complètement modifié en toute hâte, alors que les travaux de construction avaient déjà commencé sur le site. Des études de détail supplémentaires étendues durent alors être entreprises par le consortium BBC-GETSCO et ses sous-traitants (notamment Sulzer Frères S.A. et NUCON) et par Electrowatt Ingénieurs-Conseils S.A., chargé par ailleurs de l'étude des bâtiments et équipements exclus du contrat clef en main. Les travaux de construction ne purent être repris qu'en 1977.

Ces changements ne furent pas la seule cause de l'allongement de la durée de construction. L'ampleur considérable des mesures d'assurance de qualité exigée pour Leibstadt constitua également une innovation: essais de réception successifs et documentation étendue tout au long de la fabrication et du montage des systèmes.

Leibstadt fut finalement mise en service commercial en décembre 1984, dix ans après le début de sa construction. L'investissement total avait entre-temps atteint 4,8 milliards de francs, ce qui donne un coût de 9 centimes par kilowatt-heure.

Au 31 décembre 1990, la centrale de Leibstadt avait produit 45 milliards de kilowatts-heure. L'installation délivre approximativement un sixième de l'électricité consommée en Suisse (c'est-à-dire couvre les besoins d'un million de personnes). Le facteur de charge cumulé atteignait 84 pour-cent à fin 1990. La puissance électrique nette de la centrale fut portée de 950 à 990 MWe en 1986. Elle devrait prochainement être encore augmentée de près de 10 pour-cent. Née dans des circonstances difficiles, la centrale de Leibstadt s'est révélée être – comme les autres centrales nucléaires suisses – une source sûre et fiable d'électricité.

L'épopée de Kaiseraugst

La controverse nucléaire en Suisse débuta en 1969, lorsque les premiers signes d'opposition locale à un projet de centrale nucléaire apparurent à Kaiseraugst, une petite ville argovienne située au bord du Rhin, sur une étroite bande de terre pénétrant profondément dans le canton de Bâle, à 8 km environ de la capitale rhénane. Il s'agissait à vrai dire d'un site d'implantation défavorable d'un point de vue politique, entouré dans un rayon de quelques kilomètres d'un mélange hétérogène de cantons et de communes.

Le projet de Kaiseraugst devait occuper pendant 20 ans l'avant-scène de la controverse nucléaire: permis d'implantation, referendums locaux, batailles juridiques, occupation du site par les opposants en 1975, vote du parlement fédéral en faveur de la construction en 1985, et finalement décision en 1989 de ce même parlement d'enterrer définitivement le projet et d'accorder à son promoteur une compensation de 350 millions de francs, aux frais de la Confédération. L'accident de Chernobyl avait changé radicalement le climat politique helvétique.

Les initiatives antinucléaires

Le système politique suisse donne le droit, lorsque 100'000 citoyens au moins le demandent, de soumettre n'importe quel projet de texte au vote populaire, en vue de son inclusion éventuelle dans la constitution fédérale.

La première initiative antinucléaire fut déposée en 1976; c'était une tentative d'interdire toute centrale nucléaire existante ou projetée. La votation populaire se déroula en février 1979, quelques semaines avant l'accident de Three-Mile-Island. L'initiative fut rejetée par une faible majorité de 51,2 pour-cent des votants.

Les deuxième et troisième initiatives, déposées en 1980, se proposaient d'interdire la construction de nouvelles centrales, sans toucher aux centrales en exploitation. Elles ne différaient l'une de l'autre que par le sort réservé à la centrale de Leibstadt, alors encore en construction. Elles furent rejetées toutes deux en 1984 à une majorité plus confortable (54 et 55 pour-cent) qu'en 1979. En fait l'acceptation de l'énergie nucléaire par le public était alors en train d'augmenter: les centrales en service couvraient une part croissante de la consommation électrique, et se montraient très fiables. L'inquiétude au sujet de la santé des forêts attirait l'attention sur l'importance d'un mode de production d'énergie non polluant.

Les quatrième et cinquième initiatives lancées en 1987, après l'accident de Chernobyl, furent soumises au vote en septembre 1990. L'initiative pour un abandon du nucléaire fut rejetée par 53 pour-cent des votants, tandis que celle soumettant la construction de nouvelles centrales à un moratoire de 10 ans était acceptée à une majorité de 54,6 pour-cent.

Les électriciens suisses ne pourront donc pas dans un proche avenir construire d'autre unités s'ajoutant aux cinq déjà en service et qui couvrent ensemble 40 pour-cent de la consommation nationale d'énergie électrique. Cette consommation continue cependant d'augmenter chaque année d'un milliard de kilowatts-heure environ, c'est-à-dire de 2,5 pour-cent par an, ce qui correspond à peu près à la moitié de la production annuelle de la centrale de Mühleberg.

Ou trouver l'électricité manquante?

Comme dans les années cinquante et soixante, la construction de centrales thermiques classiques est hors de question, sauf peut-être celle de centrales brûlant du gaz naturel, si un approvisionnement sûr pouvait être garanti. Les projets importants d'aménagements hydro-électriques se heurtent tous à la même opposition écologique que par le passé. Les énergies renouvelables seront certes appelées à jouer un rôle croissant dans la production d'électricité décentralisée, mais leur contribution ne devrait pas dépasser un demi-pour-cent de la consommation totale à la fin du présent moratoire. La réponse à la question posée ci-dessus est donc simple: à l'étranger, par l'importation d'électricité d'origine essentiellement nucléaire, et en Suisse, par l'augmentation de puissance des centrales nucléaires en service.

Par le biais de participations financières (à Bugey et Fessenheim) et d'accords de fourniture (à Cattenom), les producteurs d'électricité suisses possédaient en 1991 de facto deux grandes unités nucléaires en France. Tant que ce pays poursuivra sa politique d'exportation et augmentera sa puissance installée suffisamment pour pouvoir satisfaire les besoins d'autres pays européens, les producteurs suisses continueront d'être intéressés à s'approvisionner en électricité en France. D'autres pays fournisseurs ou d'autres projets communs en Europe pourront aussi être envisagés.

A part l'importation d'électricité d'origine nucléaire, un autre moyen aidera bientôt à faire face à la situation: l'augmentation de 10 pour-cent de la puissance électrique des cinq unités suisses en service. Le moratoire n'interdit pas, en effet, de telles augmentations de puissance.

Quelques mots sur l'élimination des déchets

Dans son fameux article de 1945 sur l'énergie nucléaire (Chapitre 1) le professeur Scherrer mentionna les déchets radioactifs, écrivant que «l'élimination de ces matières constitue un problème». Bien que ce sujet fit l'objet d'une discussion approfondie lorsque le projet de Loi fédérale sur l'énergie atomique de 1959 passa devant le parlement, son texte définitif ne traite des déchets radioactifs qu'indirectement. Dans les années soixante, la centrale nucléaire expérimentale de Lucens avait prévu d'installer à proximité son propre dépôt pour l'élimination des déchets de faible et moyenne activité.

Les premiers pas concrets en vue de la réalisation d'un dépôt national furent faits en 1972, lors de la création de la Société coopérative nationale pour l'entreposage de déchets radioactifs (CEDRA, en allemand NAGRA). Celle-ci groupe les exploitants de centrales nucléaires ainsi que la Confédération, représentée par son Office fédéral de la santé publique, responsable de l'élimination des déchets dus aux applications nucléaires dans la recherche, la médecine et l'industrie. La CEDRA doit garantir que l'élimination des déchets de faible et moyenne activité dans un dépôt approprié pourra commencer dans un proche avenir (vers l'an 2000), et qu'un dépôt distinct – construit à une grande profondeur dans une formation géologique stable – sera en mesure de recevoir plus tard (vers l'an 2020) les déchets de haute activité résultant du retraitement du combustible irradié.

Depuis sa création, la CEDRA a accumulé ces quelque 20 dernières années une somme remarquable de données sur tous les aspects de l'élimination des déchets radioactifs, ainsi que sur la géologie du sous-sol suisse. Au prix d'un travail acharné et d'un investissement considérable – qui atteind presque 500 millions de francs à fin 1991 – la CEDRA était en mesure de démontrer en 1985 qu'une élimination sûre des déchets nucléaires sera possible en Suisse, et que diverses

formations géologiques offrant les caractéristiques de sûreté à long terme requises pour la construction d'un dépôt existent.

La priorité pour les années nonante est de choisir l'emplacement du dépôt pour les déchets de faible et moyenne activité, parmi quatre sites étudiés au moyen de sondages et autres méthodes scientifiques. Une fois le travail de base scientifique et technique nécessaire accompli, la CEDRA aura toutefois encore besoin d'un soutien politique pour pouvoir accomplir sa mission. Comme tous les grands projets tels que tunnels, lignes de chemin de fer, stations d'incinération des ordures et bien entendu les autres installations nucléaires de tous types, l'élimination des déchets radioactifs suscite une forte opposition de la part des communautés locales et des habituelles organisations nationales d'opposants. Il faudra que la classe politique établisse des priorités.

Le bilan

Cinquante ans de développement de la technologie nucléaire en Suisse en ont fait un élément essentiel à la prospérité du pays: une source d'énergie propre fournissant 40 pour-cent de l'électricité dont a besoin une économie moderne, orientée vers la prestation de services. Les espoirs des premiers physiciens, ingénieurs et politiciens responsables de ce succès ont trouvé leur réalisation. C'est Monsieur Willy Spühler, un politicien socialiste, alors chef du département fédéral de l'énergie, qui a su le mieux formuler ces espoirs à diverses occasions au début des années soixante, lorsqu' il exposait les arguments du Conseil Fédéral en faveur du nucléaire:

- protection de l'environnement, c'est-à-dire prévention de la pollution de l'air par l'utilisation d'une énergie de source non fossile (... et on ne parlait pas encore de dioxyde de carbone et d'effet de serre à cette époque);
- indépendance et diversification des sources d'approvisionnement; des centrales hydro-électriques, utilisant une énergie indigène renouvelable, complétées par des centrales nucléaires ne nécessitant qu'un combustible compact assurant une autonomie de plusieurs années, voilà une solution idéale de ce point de vue;
- énergie bon marché; les centrales nucléaires suisses ont sans aucun doute contribué au maintien d'un prix bas et stable de l'électricité dans le pays.

La recherche nucléaire continue en Suisse. L'Institut Paul Scherrer, avec le soutien des sociétés productrices d'électricité et de l'industrie, participe à des programmes internationaux pour le développement de réacteurs nucléaires de types avancés. Les centrales nucléaires fiables de la présente génération pourront, de cette façon, être remplacées en temps voulu par de nouvelles unités qui constitueront à leur tour une source propre et fiable d'électricité bon marché pour le pays.

A brief history of nuclear energy in Switzerland

In Switzerland, the nuclear age began on 30 April 1957, when the SAPHIR reactor went critical under the responsibility of Swiss scientists and engineers in the research center of Würenlingen. This swimming pool reactor had been purchased in 1955 from the American Government, after being exhibited in Geneva during the First International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy.

SAPHIR, a golden opportunity

Set in operation by President Dwight Eisenhower, the glow of the reactor had fascinated all visitors to the Conference; it was indeed the first time in the world that a nuclear reactor was shown to the public.

In a stroke of genius, Paul Scherrer, professor of physics at the Swiss Federal Institute of Technology, had realized well before the Conference that the Americans would not be able to ship the reactor home as easily as they could fly it to Geneva a few weeks prior to the opening of the Conference. Why not leave the

reactor in Switzerland ? Within five weeks, an agreement was signed between the Swiss and American governments and for the modest sum of $ 180 000, Paul Scherrer was able to give Switzerland its first nuclear workhorse. Operated at a power level of 10 kilowatts during the three-week Geneva Conference, the SAPHIR reactor was ultimately brought up to 10 000 kilowatts and has remained for many years the backbone of nuclear fission research in Switzerland.

Nuclear research, from the twenties on

But, in reality, nuclear research had begun much earlier. Several universities had participated actively during the twenties and thirties in nuclear developments. Most notable was the Physics Institute of the Swiss Federal Institute of Technology in Zurich, led by Professor Paul Scherrer.

Indeed, in July 1939, a few months after the discovery of secondary fission neutrons, Scherrer's students were determining their number with fair accuracy. A gifted experimental physicist and a showmaster inside and outside the class room, Scherrer for 40 years inspired thousands of students, politicians and laymen with enthusiasm for nuclear physics.

Mr. Scherrer goes to Washington, and then to Berne

Cut off from the mainstream of scientific developments by wartime secrecy, Scherrer went to the United States in September 1945 to bring himself up to date again. Thanks to his contacts with American officials, and not least to his numerous former American students who had made their way through the Manhattan Project, Scherrer brought back to Zurich a deep and broad knowledge of reactor technology which he right away started to disseminate – with his legendary comment «It's all very simple» – in numerous class lectures, conferences and press articles. The first chapter of this book reproduces in extenso an article published in November 1945 in the «Neue Zürcher Zeitung», an article that summarizes with astounding depth the fundamental principles of reactor technology.

In November 1945, the Swiss Government established the independent Atomic Energy Committee (SKA) which received the mandate – under Scherrer's chairmanship – to advise the Government in all civilian and military matters dealing with nuclear energy. The Committee was also given the responsibility to manage the credit of 18 million Swiss francs which had been authorized by Parliament for research and development work.

No weapons development, ever

As to military applications, the Swiss Government in 1946 mandated the Atomic Energy Committee to investigate all aspects dealing with nuclear weapons, i.e. to prepare the necessary measures for protecting army and population against their impact and also to study what would be required to develop such weapons in Switzerland. Until the signing of the Non- Proliferation Treaty in 1969, and its ratification by Parliament in 1977, Switzerland indeed kept politically open the option of national nuclear weaponry.

This governmental policy found full support in the population, as demonstrated by the rejection of two referenda (1962, 1963) that would have restrained the government's freedom of action in that sensitive area. The truth of the matter is that no active program of weapon development was ever undertaken in Switzerland: no scientific team working in the shadow of the civilian program, no secret laboratory under the Alps...

Graphite, then heavy water reactors

Swiss industrial companies showed an early interest in nuclear energy. As early as 1946, Walter Boveri, president and son of the founder of Brown, Boveri and Cie Ltd (BBC, now ABB), took the first steps to build up a team of physicists and to launch a development program. BBC was later joined by other companies, in particular Sulzer Brothers and Escher-Wyss (now part of the Sulzer Group). Initial studies dealt with graphite-carbon dioxide reactor concepts, but from 1952 on, development work was concentrated on heavy water with the subsequent planning of the research reactor DIORIT for the Swiss Research Center in Würenlingen.

Thanks to the unrelenting drive of Walter Boveri and Paul Scherrer, a large group of private companies (more than 150 from industry, banking and electric utilities) joined forces and formed in 1955 the company «Reactor Ltd» to build and operate the new privately-owned Swiss national research center, with two reactors on site, SAPHIR and DIORIT. Construction of the most important facilities, in particular the DIORIT heavy water reactor, lasted from 1955 to 1961. By that time, the shareholders of «Reactor Ltd» had realized that nuclear research was a long-winded proposition, labor- and capital-intensive, with no prospect of immediate returns. Thus, in 1960, the Swiss government took over the research center which was to become very well-known under its German abbreviation EIR. The fusion of the EIR in Würenlingen, with a center for basic nuclear research in Villigen, just across the river, led to the creation in 1988 of the «Paul Scherrer Institute».

From promising prototype reactors to the Lucens meltdown

While the EIR was being built, various competing industrial groups in the French and German parts of Switzerland were getting ready to build prototype nuclear reactors for electricity generation. However, the need to secure government subsidies forced these groups to cooperate and limit their ambitions to the construction of a single project.

In 1962, the construction of the experimental nuclear power plant in Lucens began: 30 megawatt thermal, 6 megawatt electric, heavy-water moderated, cooled with carbon dioxide and located in an underground cavern. Criticality was reached in late 1966 and commissioning in early 1968. In spite of numerous technical difficulties, the supply consortium led by Sulzer Brothers had demonstrated that Swiss industry was capable of building nuclear plants.

Unfortunately, a year later, on 21 January 1969, the Lucens plant was abruptly put out of service by a partial core meltdown that destroyed the integrity of the primary system and released radioactivity to the cavern (and a negligible amount to the environment). During the preceding plant shut-down, a leaky water seal of a primary gas blower had caused severe corrosion damage to the very sensitive magnesium cladding of several fuel elements. At startup, gas flow obstruction led to fuel heating, fuel melting and even to a fuel element fire at the core periphery.

Thus, the Lucens reactor prototype did not become the showpiece of Swiss-made nuclear power and the forerunner of a series of domestic follow-up commercial plants. Well, this issue had been settled long before the accident of 1969, namely in 1965, when the large Swiss utility NOK (North-East Power Company) ordered the first commercial nuclear power plant, the 350 megawatt (electric) Beznau unit Number One.

The Beznau order meant the end of a dream of a national reactor program based on a domestic technology. Nevertheless, thanks to the experience gained, Swiss industry was then able to build a strong position at home and on the world market as a supplier of mechanical and electrical components, as well as services.

Nuclear, the only choice

For several years prior to 1965, the electric utility industry – running short of suitable hydropower sites – had actively planned the construction of fossil fuel power plants. It then found itself under strong pressure from the Federal Government to start building nuclear plants. The official arguments in favor of nuclear were simple: 1) low generation costs, 2) diversification of fuel supplies for the country and, not least, 3) environmental protection. Indeed, local governments and the public at large were already at the time strongly opposed to the

construction of fossil-fired power plants, and also to the flooding of additional valleys high up in the Alps. Clean hydroelectric power was to be supplemented by clean nuclear energy.

Therefore, utilities had to act and could not wait for the Swiss reactor line to become a reality and to prove its competitiveness.

A Westinghouse pressurized water reactor for Beznau ...

Faced with a doubling of electricity consumption in its service area every ten years, a lack of suitable sites for hydroelectric dams and fierce opposition against its project of fossil-fired plants, NOK was the first utility to make the move.

NOK chose American nuclear technology to expand its already overstretched generating capacity. The price offered by Westinghouse for the Beznau pressurized water plant – about US-$ 200 per kilowatt installed – was just unbeatable.

A turnkey contract was awarded in August 1965 to the consortium made up of Westinghouse International Atomic Power Co., Ltd and Brown, Boveri & Cie AG, for the supply of a 350 megawatt electrical plant equipped with a 1120 megawatt thermal reactor and two turbo-generators. A total investment of 350 million Swiss francs and a unit cost of 2.8 Swiss cents per kilowatt-hour were estimated on the basis of the very competitive proposals received from Westinghouse and BBC. The alternative choice was General Electric, only slightly less favourable in terms of price and warranties. In late 1967, NOK took the option to order a duplicate of the first unit.

From beginning of construction to plant take-over, Beznau I was built in 51 months, and Beznau II in 48 months. The two units were completed within budget and within schedule. Altogether, about 70 % of the plant investment costs remained in Switzerland, an indirect demonstration of the qualifications of the domestic industry in that field.

Between 1969 and 31 December 1990, the Beznau nuclear station has produced about 100 billion kilowatt-hours, a figure now equivalent to about two years of electricity consumption for the whole of Switzerland. The cumulative load factor of the station at the end of 1990 amounts to 82 %. In about 40 reactor-years of operation, no accident, incident or excessive irradiation of the personnel has occurred.

Current generating costs remain at a very competitive level of about 6 Swiss cents per kilowatt-hour. Planning with at least another 20 years of operation, the owner has proceeded with major and minor backfits, such as steam generator replacement, bunkerized emergency cooling buildings and filtered containment venting systems.

... and a General Electric boiling water reactor for Mühleberg

After NOK, another publicly-owned utility – namely the BKW (Bernese Power Company) – decided in 1965 to go nuclear and this for the same reasons. More on the basis of commercial than technical arguments, BKW chose a 306 megawatt electrical plant equipped with a boiling water reactor manufactured by General Electric and twin turbo-generators from Brown, Boveri & Cie. The turnkey contract was concluded for 225 million Swiss francs. Together with the owner's costs, the total investment was estimated at 251 million Francs, and power cost at 2.2 Swiss cents/kWh for an 80 % load factor. This was an even better deal than Beznau.

In July 1971, full power was achieved after 51 months of construction. But, on 28 July 1971, a turbine fire broke out. A bolt, loosened by vibrations, caused a leak of pressurized hydraulic oil which then caught fire when hitting the hot asbestos isolation of a valve housing. Serious damage was inflicted to the turbo-generators and the conventional building, but none at all to the nuclear part of the plant. Sixteen months (on 6 November 1972) and 20 million francs later, the plant was officially handed over to the owner.

Since commissioning, and up to 31 December 1990, the Mühleberg plant has produced about 44 billion kilowatt-hours. The cumulative load factor at the end of 1990 was 85 %. No major problem and no significant incidents have occurred during the almost 20 years of operation. In the same period, the owner has invested almost as much as the initial amount in plant improvements, safety and power upgrades. A bunkerized emergency cooling building was added in 1989 and the power level increased in 1976 from 302 to 320 megawatts. Today's power cost is around 6 Swiss cents per kilowatt-hour.

Gösgen, the first large plant

Sustained growth rates in electricity consumption and decreasing marginal investment costs made large nuclear plants more and more attractive in the late sixties; 900 to 1000 megawatt units became the norm. However, such plants require a lot of cooling water, about 50 cubic meters per second. Several rivers in Switzerland could indeed provide the water needed to cool large nuclear plants, while limiting the increase in river temperature at the site to less than 3°C. But, at that time, these rivers were rather polluted by as yet untreated municipal sewage waters. Since warm water slows down biological self-cleaning, the Federal Government decided in 1971that future nuclear plants should be equipped with cooling towers. Thus, the Gösgen, and soon the Leibstadt project, had to be modified from river to atmospheric cooling.

But, 150 meter-high cooling towers were indeed overwhelming structures for the still pre-industrial Swiss landscape! Their meteorological and environmental impact was easily shown to be of no consequences, but their sheer size could not be hidden. Unknown in a Switzerland without fossil-fired plants, cooling towers became the unfriendly and obstructive symbol of nuclear plants, a definitely negative influence on public acceptance of nuclear energy.

The Gösgen project was realized under the leadership of the privately owned utility ATEL (Aare-Tessin Electrical Company), in the framework of a consortium that included a number of other utilities and the Swiss National Railroads.

In 1973, a supply contract was signed with the German company Kraftwerk Union (Siemens) for the delivery of a 900 electrical megawatts pressurized water reactor and turbo-generator. Construction of the plant went very smoothly until the first connection to the grid in February and 80 % power tests in March 1979. The accident at Three Mile Island on 29 March led to an 8-month delay in commissioning, while the Safety Authority checked the relevance of the American accident for the Gösgen plant. Total investment costs were two billion Swiss francs.

Up to 31 December, 1990, the Gösgen plant produced 78 billion kilowatt-hours, at a cumulative load factor of 83 %. Thanks to the very high operational and safety standards incorporated in the plant since the very beginning, no major backfitting has been carried out in the first ten years of operation. In 1985, the plant was authorized to increase power output by 7 %. Besides the top-notch performance of the plant, the owner has been rewarded with strong support from the local population: a 1987 cantonal referendum to shut-down Gösgen was rejected by 73% of the votes (83 % in the local town). Power cost is 6 cents per kilowatt-hour.

Leibstadt, the second large plant

The second 900 MWe plant was built on the Rhine river, at the border between Switzerland and Germany, in the small town of Leibstadt, by a consortium of Swiss utilities and one German utility (Badenwerk AG). Led by the privately owned group Electrowatt Ltd, the consortium in December 1973 awarded a turnkey contract to General Electric Technical Services Company and Brown, Boveri & Cie for the supply of a 940 MWe nuclear plant equipped with a boiling water reactor. Construction began in 1974 with total investment costs expected to be just above 2 billion Swiss francs for a construction duration of less than 5 years.

These expectations were too optimistic, Leibstadt turned out to be a very difficult project. With both Gösgen and Leibstadt filing for a construction permit at the same time in 1973, the Safety Authority declared that its limited man-power would not allow the licensing of two plants in parallel. The two consortia (with several utilities belonging to both) agreed to grant priority to the Gösgen project.

This simple decision led not only to a licensing delay, but indeed to a major redefinition of the Leibstadt project with its own scheduling consequences.

It should be recalled that until 1973 the Swiss Safety Authority had been exposed mostly to American nuclear designs and licensing practice. A Swiss safety philosophy had been established by that time, but a philosophy still strongly influenced by the American practice incorporated in the Beznau and Mühleberg plants. Then came Gösgen with its superior German safety systems, better redundancy, better protection against external events, in particular aircraft crashes.

Convinced that the German approach was indeed preferable, the Safety Authority decided to adopt it without further delay for Leibstadt. As a result, the design of General Electric for the nuclear island – fully finalized on the basis of the former Swiss-American safety criteria – had to be drastically modified in a hurry, with site construction already initiated. Engineering work was thus very extensive, both at the consortium General Electric,Brown, Boveri & Cie (with which were also associated the companies Sulzer Brothers and NUCON) and at Electrowatt Engineering Services Ltd where the balance of plant and structures were being designed. Construction resumed only in 1977.

The redesign of the plant was not the only reason for the long construction time. New in Leibstadt was also the great depth of the quality assurance: successive acceptance tests and extensive documentation throughout the manufacture and assembly of components and systems.

Finally, Leibstadt was commissioned in December 1984, 10 years after beginning construction. And at that point, the total investment costs had reached a value of 4.8 billion Swiss francs, and the unit cost 9 cents per kilowatt-hour.

Up to 31 December 1990, Leibstadt produced 45 billion kilowatt-hours. The plant supplies about one-sixth of the electricity consumed in Switzerland (e.g. for about 1 million people). The cumulative load factor reached on that date 84 %. Started at 950 MWe, the plant output was raised to 990 in 1986; another power upgrade will soon bring the level close to 1100 MWe. Born under difficult circumstances, the Leibstadt nuclear plant turns out to be like the other Swiss plants a safe and reliable source of electricity.

The Kaiseraugst saga

The nuclear controversy began in Switzerland in 1969 with the first signs of local opposition to a nuclear plant project at Kaiseraugst, a small town located on the Rhine river, in a narrow panhandle of the Canton of Aargau penetrating deep into the Canton of Basle, about 8 km from downtown Basle. This was indeed a politically difficult site, with a mix of heterogeneous cantons and municipalities within a few kilometers.

For 20 years, the Kaiseraugst project was to remain center stage in the nuclear controversy: site permit, local referenda, legal battles, site occupation by opponents in 1975, parliamentary vote in favor of construction in 1985, and finally parliamentary decision in 1989 to kill the project definitively, with a compensation payment by the Federal Government of 350 million Swiss Francs to the owner. The Chernobyl accident of Spring 1986 had drastically affected the political climate.

Initiatives on the ballot ...

The Swiss political system gives the right to a minimum of 100 000 petitioners to put any issue for possible inclusion in the Federal Constitution to the vote by referendum. The petition for referendum is called an initiative.

The first anti-nuclear initiative was filed in 1976; it was an attempt to forbid all nuclear plants, both new and those already in operation. The vote took place in February 1979, a few weeks before the Three Mile Island accident. A narrow majority of 51.2 % of the voters rejected the initiative.

The second and third initiatives were submitted in 1980. They aimed at forbidding future nuclear plants, leaving untouched the plants in operation. They differed only in the treatment to be applied to Leibstadt, then under construction. Both initiatives were rejected in 1984 by more comfortable majorities (54 and 55%) than in 1979. Indeed, at that time, public acceptance of nuclear energy was on the rise: operating plants were producing a growing share of electricity with excellent reliability, and concerns about the health of the forests was drawing attention to the importance of non-polluting power generation.

The fourth and fifth initiatives, born in 1987 in the aftermath of Chernobyl, came to the ballot box in September 1990. The initiative for a nuclear phase-out was rejected by 53 % of the voters, while the initiative proposing a 10-year moratorium on the construction of new plants, was accepted by 54.6 %.

Thus, for the foreseeable future, the Swiss utilities will not have the possibility to build nuclear plants beyond the five operating units which together provide 40 % of consumption. Yet, year after year, consumption continues to grow by about one billion kilowatt-hours, that is 2.5 % per year, or about half the yearly production of Mühleberg.

Where should the power come from?

Just like in the fifties and sixties, fossil-fired plants are out of the question, with the possible exception of natural gas, if sufficient reliable supplies can be secured. The same environmental opposition as in the past prevails in the nineties against all major hydroelectric projects. As to other renewable energies, they will play an

increasing role in the decentral production of electricity , but they are still not expected to provide more than 0.5 % of the consumption at the end of the present moratorium. The answer to the above question is thus quite simple: from France and from existing Swiss nuclear plants.

As of 1991, Swiss utilities own de facto – through financial participations and commitments – the equivalent of two large nuclear plants in France (part ownership in Bugey and Fessenheim, drawing rights in Cattenom). As long as France keeps its export policy by maintaining a capacity margin large enough to cater for the needs of other European countries besides Switzerland, the Swiss utilities will continue to be interested to secure power from France. Other countries, other joint ventures in Europe may also be considered.

In addition to the imports of nuclear electricity, another source will be tapped in the near future, namely a 10 % increase in the electrical output of the 5 plants in operation in Switzerland itself. Such power upgrades are not affected by the 1990 moratorium.

A word about waste disposal

Professor Paul Scherrer in his famous article of 1945 on nuclear energy (chapter 1) mentioned radioactive wastes, writing that «the disposal of these materials is a problem». This topic was discussed explicitly in Parliament when the Federal Atomic Law of 1959 was being finalized, even if in the final text radioactive wastes were taken care of only indirectly. In the sixties, the Lucens prototype plant had planned to build its own nearby disposal facility for low and medium wastes.

Specific steps toward the realization of a Swiss disposal facility were initiated in 1972 through the formation of the «National Cooperative for the Disposal of Radioactive Wastes», or NAGRA/CEDRA according to the German/French abbreviation of its name. NAGRA brings together the operators of nuclear power plants and the Federal Government represented by the Federal Office of Health, the latter being responsible for the wastes from research, medical and industrial applications. NAGRA must ensure that in the near future (say 2000) low and medium wastes could begin to be stored in a final repository, and that at a later stage (say 2020) a separate deep disposal site will be ready to receive the high-level wastes to be returned by the fuel reprocessing plants abroad.

Over a period of approximately 20 years since its formation, NAGRA has assembled a remarkable body of knowledge on all aspects of waste disposal, not least on the underground geology of Switzerland. As a result of dedicated work and a cumulative investment approaching 500 millions francs at the end of 1991, NAGRA was able to demonstrate that final disposal of radioactive wastes is indeed possible in Switzerland, and that various geological formations could host a disposal site with the required long-term safety characteristics.

The first priority of the nineties is the choice of a site for the low and medium active wastes, out of a series of four sites which are being investigated with the help of test drillings and other scientific methods. However, after having done the necessary scientific and technical work, NAGRA will need political support to carry out its mission. Like most large projects - tunnels, railways, incineration plants and, of course, other nuclear projects of all kinds - radioactive disposal arouses strong opposition from local communities and the usual national organizations. Priorities will have to be set by the political establishment.

The bottom line

Fifty years of nuclear development in Switzerland have made that technology a central element of the country's welfare: a clean energy source providing 40 % of the electricity needed by a modern, service-oriented economy. The dreams of the early scientists, engineers and politicians who stood behind that success story have been fulfilled. These dreams were best formulated on several occasions in the early sixties by the Social Democratic politician, and at the time Federal Minister of Energy, Willy Spühler, when he was explaining the pro-nuclear stance of the Federal Government:

- Environmental protection, that is, prevention of air pollution with a non–fossil energy source (... at the time, carbon dioxide and the greenhouse effect were not yet an issue).
- Independence and diversity of energy supplies. Hydroelectric plants running on a domestic renewable resource and nuclear plants depending on a compact fuel allowing a few years of autonomy are from this standpoint ideal partners.
- Low-cost energy. The Swiss nuclear plants have contributed to stable and low prices of electricity in the country.

Nuclear research continues in Switzerland. The Paul Scherrer Institute, with the support of electrical utilities and industry, participates in international programs on the development of improved nuclear reactors. The current generation of reliable nuclear plants could thus in due time be replaced by new ones which will in turn provide the country with a clean, reliable and cheap source of electricity.

Literaturhinweise

Zur Erweiterung der in diesem Buch gegebenen Informationen können z.B. folgende Quellen empfohlen werden:

- Forschungsprogramm Nr. 11 – Universität Genf, 1987
  «Cohésion nationale en Suisse et changement technologique»
  Prof. J.-C- Favez und L. Mysyrowicz
  «Le nucléaire en Suisse. Jalons pour une histoire difficile»
  Annexe 1. Suite historique, 1945–1975
  Annexe 2. Textes à l'appui, 1945–1946
  Annexe 3. Textes à l'appui, 1947–1966
  Annexe 4. Textes à l'appui, 1971–1980
- «Die schweizerische Energiewirtschaft 1930–1980»
  Bundesamt für Energiewirtschaft
- «L'option nucléaire et les entreprises suisses», 1983, Claude Meylan
- «Kernenergie und Außenpolitik», 1981, Theodor Winkler
- Gedenkveranstaltung zum 100. Geburtstag von Paul Scherrer, Herausgeber: Kurt Alder. Verlegt durch das Paul Scherrer Institut, Würenlingen, 1990.

Abkürzungen

ABB, Asea Brown Boveri AG, Zürich (s. BBC)
AGL, Arbeitsgemeinschaft Lucens
AKR, Arbeitsgemeinschaft Kernreaktor
ASK, Abteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (früher SSA, später HSK)
ATEL, Aare-Tessin AG für Elektrizität, Olten
BBC, Brown, Boveri & Cie AG, Baden
BEW, Bundesamt für Energiewirschaft
BBW, Bundesamt für Bildung und Wissenschaft
BKW, Bernische Kraftwerke AG, Bern
CEA, Commissariat à l'Energie Atomique
CERN, Centre Européen de Recherches Nucléaires, Genf
CIEN, Communauté d'Intérêts de la production et de l'utilisation industrielle de l'énergie nucléaire
CKW, Centralschweizerische Kraftwerke AG, Luzern
CRPP, Centre Suisse pour la Recherche sur la Physique du Plasma, Lausanne
EGES, Expertengruppe Energieszenarien
EIR, Eidgenössisches Institut für Reaktorforschung, Würenlingen
EK, Entwicklungskommission
EKA, Eidgenössische Kommission für Atomenergie

EMD, Eidgenössisches Militärdepartment (Ministerium)
ENEA, European Nuclear Energy Agency (später NEA)
ENUSA, Energie Nucléaire SA
EOS, S.A. l'Energie de l'Ouest-Suisse, Lausanne
EPD, Eidgenössisches Politisches Departement (Außenministerium)
EPFL, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (ETH-Lausanne)
EPUL, Ecole Polytechnique de l'Université de Lausanne (später ETH-Lausanne)
ETH, Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich und Lausanne
EURATOM, Europäische Atomgemeinschaft
EVED, Eidgenössisches Verkehrs- und Energiedepartment (Ministerium)
GETSCO, General Electric Technical Services Company
HSK, Hauptabteilung für die Sicherheit der Kernanlagen (im BEW)
HTL, Höhere Technische Lehranstalt
IAEO, Internationale Atomenergie-Organisation, Wien
IGRA, Ingenieurgemeinschaft Reaktoranlagen
IK, Industriekommission Kernenergie
KAW, Kommission für Atomwissenschaft
KKB, Kernkraftwerk Beznau
KKG, Kernkraftwerk Gösgen
KKL, Kernkraftwerk Leibstadt
KKM, Kernkraftwerk Mühleberg
KKW, Kernkraftwerk
Konsortium, für den Bau eines Versuchsatomkraftwerks (Heizkraftwerk ETH)
KSA, Eidgenössische Kommission für die Sicherheit der Atomanlagen
NAGRA, Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle
NANO, Nachrüstung Notstandsystem (KKW Beznau)
NEA, Nuclear Energy Agency (der OECD)
NGA, Nationale Gesellschaft zur Förderung der industriellen Atomtechnik
NOK, Nordostschweizerische Kraftwerke
NZZ, Neue Zürcher Zeitung
OECD, Organisation for Economic Cooperation and Development
OECE, Organisation for Economic Cooperation in Europe (später OECD)
ORNL, Oak Ridge National Laboratory
PSI, Paul Scherrer Institut (EIR + SIN), Würenlingen und Villigen
REFUNA, Regionales Fernwärmenetz im Unteren Aaretal
RWE, Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG, Essen
SATW, Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften
SBB, Schweizerische Bundesbahnen
SBN, Schweizerischer Bund für Naturschutz
SEV, Schweizerischer Elektrotechnischer Verein
SGI, Société Générale pour l'Industrie, Genf
SGK, Schweizerische Gesellschaft der Kernfachleute
SIN, Schweizerisches Institut für Nuklearforschung, Villigen
SK, Studiengruppe Kernenergie
SKA, Studienkommission für Atomenergie
SMA, Schweizerische Meteorologische Anstalt
SSA, Sektion für die Sicherheit der Atomanlagen (später ASK und HSK)
SUSAN, Spezielles Unabhängiges System zur Abfuhr der Nachzerfallswärme (KKW Mühleberg)
SVA, Schweizerische Vereinigung für Atomenergie
UNESCO, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation
UNIPEDE, Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique
UNO, United Nations Organisation
USAEC, United States Atomic Energy Commission
Vorort, des Schweizerischen Handels- und Industrievereins
VSE, Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
WANO, World Association of Nuclear Operators

Namenverzeichnis

Sachverzeichnis

A

B

C

T

U

Autoren

Aemmer, Fritz (†)	Ehem. Direktor der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG, Baden
Urs Hochstrasser, Prof. Dr.	Ehem. Direktor des Bundesamts für Bildung und Wissenschaft, Bern
Küffer, Kurt	Direktor der Nordostschweizerischen Kraftwerke AG, Baden; ehem. Leiter des Kernkraftwerks Beznau
Lüscher, Otto	Ehem. Präsident der Therm-Atom AG, Winterthur
Meyer, Ludwig, Dr.	Hauptprojektleiter, Projektbereich Verfahrens- und Nukleartechnik, Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Zürich
Pellaud, Bruno, Dr.	Präsident der SGK 1984 – 1991; Leiter des Projektbereichs Verfahrens– und Nukleartechnik, Elektrowatt Ingenieurunternehmung, Zürich
Pictet, Jean-Michel, Dr.	Ehem. Beauftragter für internationale nukleare Organisationen im Bundesamt für Energiewirtschaft, Bern
Ribaux, Paul	Ehem. Leiter der der kerntechnischen Abteilung der Ateliers de Charmilles, Genf
Tempus, Peter, Dr.	Ehem. Stellvertretender Direktor des Eidg. Instituts für Reaktorforschung, Würenlingen; ehem. Stellvertretender Generaldirektor der Internationalen Atomenergie-Organisation, Wien
Weyermann, Peter	Direktor der Bernischen Kraftwerke AG, Bern; ehem. Leiter des Kernkraftwerks Mühleberg

Ein junger Verlag stellt sich vor:

OLYNTHUS

Verlag für verständliche Wissenschaft und Technik

Warum gründet jemand einen Buchverlag? Wer das Metier auch nur ein wenig kennt, weiß, daß die Chance, damit reich zu werden, gering ist. Es gibt nur eine Antwort: Die Faszination des «Büchermachens» und die Freiheit, Programm und Gestaltung bestimmen zu können (solange der Markt mitmacht).

OLYNTHUS wurde 1985 gegründet, als sich Gelegenheit bot, «Webers Taschenlexikon» zu verlegen. Wir waren überzeugt, mit diesem völlig neuartigen Nachschlagewerk vielen Lesern einen Dienst zu erweisen und damit als Verlag leben zu können.

Als wir damals einen Verlagsnamen suchten, stieß der Autor bei seinen Vorbereitungen für den zweiten Band seines Lexikons auf Olintos, eine antike griechische Stadt auf der Halbinsel Chalkidike. Sie nahm im 5. Jahrhundert v.Chr. über 2000 Flüchtlinge vor dem Peloponnesischen Krieg auf und mußte für sie einen neuen Stadtteil anlegen. Da auch das Brennholz knapp geworden war, erbaute man ihn nach Regeln der Solararchitektur – alle Häuser wurden nach Süden ausgerichtet und nutzten Sonne und Wind für Heizung und Kühlung. Naturgerechte Technik im Dienste des Menschen, wie auch wir sie vermitteln wollen. Daher entlehnten wir den Namen (allerdings in der latinisierten, dank Betonung auf der zweiten Silbe leichter auszusprechenden Form als in der griechischen Olintos, die auf der ersten betont wurde).

Wir hatten Glück mit dem Lexikon, denn nach der Reaktorkatastrophe von Tschernobyl 1986 verkaufte sich der erste Band, «Kernenergie», dank seiner unparteiischen, doch umfassenden Information wie die sprichwörtlichen warmen Semmeln. Das versetzte uns in die Lage, die Programmbasis um die beiden Reihen «Technik für den Menschen» und «Alte Forscher – aktuell» zu erweitern. Die drei Reihen, auf die wir uns konzentrieren, ergänzen wir fallweise durch die eine oder andere preiswerte Broschüre.

Auch der OLYNTHUS-Verlag wird nicht immer jung bleiben, aber wir wollen klein bleiben und inhaltliche Qualität in gediegener Ausführung bieten.

Im Buchhandel OLYNTHUS Verlag für verständliche Wissenschaft und Technik

Reihe

Alte Forscher – aktuell

informativ – lehrreich– zeitbezogen

Die Idee:
Ein Gerät, eine Technik, eine Theorie begreifen wir letztlich erst, wenn wir ihre Entstehung nachvollziehen – wenn wir uns in die Entstehungszeit mit ihren Möglichkeiten und Zwängen zurückversetzen, wenn wir nacherleben, mit welchen Zweifeln sich Wissenschaftler, Ingenieure und Erfinder plagen, welche Hindernisse sie überwinden und gegen welche Widerstände sie ankämpfen mußten.

In unserer Zeit mit ihrem Überangebot an Information fällt es oft schwer, diese Erfahrung zu beherzigen – wir haben es eilig, und die alten Quellen sind kaum oder nur mit Mühen zugänglich. Hier will OLYNTHUS mit dieser Buchreihe eine Brücke schlagen. Es soll jedoch nicht in Nostalgie gemacht werden, vielmehr werden gezielt solche Forscher und Werke in Erinnerung gerufen, die einen starken Bezug zum Heute haben

196 Die großen Apparate

durfen, daß das Problem der direkten Anwendung der Sonnenwärme nunmehr praktisch gelost ist, und ich hoffe, daß sowohl meine kleinen Apparate als auch der große Empfänger auf der Weltausstellung 1878 jeden Zweifel daran ausraumen werden "

Maschine der Weltausstellung 1878

Wie man sieht, ging es darum, für die Weltausstellung 1878 den größten Spiegel zu bauen, den es jemals gegeben hat, und seine Leistung in der Sonne von Paris zu untersuchen, bevor sich die Gelegenheit ergab, ihn unter dem viel sonnigerem Himmel unseres Algerien auszuprobieren

Mit der tatkräftigen Unterstutzung des jungen, fähigen Ingenieurs Abel Pifre, der nun Teilhaber an meinem Unternehmen ist, konnte ich trotz der Zwischenfälle, die durch mangelhafte Teile entstanden, und der Unwägbarkeiten, die untrennbar mit einer neuen Konstruktion dieser Größenordnung verbunden sind, am 1 September einen Solarempfänger aufstellen, dessen Spiegel eine Öffnung von 20 Quadratmetern hat In seinem 2 m hohen Fokus steht ein rohrenförmiger eiserner Heizkessel, der insgesamt 200 Kilogramm wiegt und ein Fassungsvermögen von 100 Litern hat, davon sind 30 für die Dampfkammer und 70 für die zu verdampfende Flussigkeit vorgesehen Mit einem besonderen Mechanismus laßt sich der Apparat sofort an jeden Breitengrad anpassen, man kann also die Hauptachse, um die sich die tägliche Bewegung vollzieht, soweit kippen, bis sie mit dem Horizont einen Winkel bildet, der dem ortlichen Breitengrad entspricht Ein zweites Zahnrad dient dazu, den Spiegel mit dem Heizkessel auf der Hauptachse nach dem im Laufe des Jahres wechselnden Sonnenstand auszurichten Mit einer Kurbel, die ein doppeltes Kardangelenk hat, wird der Apparat von Ost nach West bewegt Da der Spiegel und sein Heizkessel mit einem Gegengewicht ausbalanciert werden, ist diese Bewegung so leichtgängig, daß die Kräfte eines Kindes dafür genugen wurden oder daß man es mit einem einfachen Uhrwerk automatisieren könnte Mit einem Blick auf die Tafeln am Ende des Buches kann man leicht die wichtigsten Teile des Solarempfängers erfassen

Am 2. September arbeitete der Apparat das erste Mal auf dem Trocadéro *(Anhohe am Seineufer in Paris, wo für die Weltausstellung 1878 ein Palast errichtet wurde)* Er brachte innerhalb von 30 Minuten 70 Liter Wasser zum Sieden, das Manometer zeigte trotz einiger undichter Stellen noch einen Druck von 6 Atmosphären an

Die großen Apparate 197

Abbildung 43

M Segment, das es erlaubt, mittels der Schraube m den Apparat entsprechend der geographischen Breite des jeweiligen Ortes zu neigen

N Kardangetriebe, das es erlaubt, den Apparat über Winkelräder, das Zahnrad r und das auf der Abbildung im Profil gezeigte Segment vom Aufgang bis zum Untergang auf die Sonne auszurichten

S Segment, das es erlaubt, den Apparat mittels der Schraube o entsprechend der Jahreszeit, in der man experimentiert, zu neigen

F Rohrkessel, umgeben von der Glashulle

H Dampfdom

I Sicherheitsventil

G Der Reflektor, der aus T-Eisen besteht, welche die reflektierenden Platten tragen, ist an der gußeisernen Basis des Kessels befestigt Dieser, aus Eisenrohren bestehend, hat ein Fassungsvermögen von 100 Litern, 70 für das Wasser, 30 für den Dampf Er wird über einen Injektor beschickt

Umfang:
Je 200 – 300 Seiten, Illustrationen aus der Zeit

Format:
17 x 24,5 cm

Einband:
Ganzleinen mit Prägung, farbiger Schutzumschlag

Eine Doppelseite aus «Die Sonnenwärme und ihre industriellen Anwendungen»



von
Augustin
Mouchot,
1825 – 1912

Die erste
deutsche
Übersetzung
des Originals
aus dem Jahr
1879!

Die Sonnenwärme und ihre industriellen Anwendungen

Unglaublich: Der französische Mathematiklehrer Mouchot erfand in den 1860er-Jahren die solare Dampfmaschine und erprobte im Auftrag Napoleons III. in Algerien seine Solargeräte für gewerbliche und industrielle Anwendungen! Seine Erfahrungen legte er 1879 in diesem Buch nieder, zugleich eine Geschichte der Solar-Apparate seit der Antike. Ein Muß für jeden an Sonnenenergie Interessierten.

1. Auflage 1987, 217 Seiten, DM 74.-
ISBN 3-907175-08-5
Das erste und älteste Solarenergie-Buch der Welt!

ALTE FORSCHER-AKTUELL
Die Geschichte des Wasserbaus in der Schweiz
von Niklaus Schnitter
OLYNTHUS

von
Niklaus
Schnitter

Alle Gebiete
des
Wasserbaus
von den
Kelten
bis heute.

Die Geschichte des Wasserbaus in der Schweiz

Der international renommierte Dammbau-Fachmann Niklaus Schnitter, der auch Geschichte studierte, beschreibt zeitlich lückenlos die Entwicklung von Wasserversorgung und Wasserentsorgung, Bewässerung und Entwässerung, Schutzwasserbauten (wie Flußkorrektionen, Seeregulierungen und Wildbachverbauungen), Wasserkraftnutzung sowie Lehre und Forschung. Hervorragend illustriert.

1. Auflage 1992, ca. 250 S., DM 74.-
ISBN 3-907175-15-8
Erste umfassende Darstellung, eine kulturgeschichtliche Fundgrube!

ALTE FORSCHER-AKTUELL
Beiträge der Schweiz zur Technik
Schweizerische Erfindungen von internationaler Bedeutung
OLYNTHUS

Herausgeber
+GF+ und SIG
zum 700-Jahr-
Jubiläum der
Schweiz

Schweizerische
Erfindungen
von
internationaler
Bedeutung

Beiträge der Schweiz zur Technik

Erfindungen, die in der Schweiz oder von Schweizern gemacht worden sind und Bedeutung über die Grenzen des Landes hinaus erlangt haben. Das Buch, von einem Team kompetenter Autoren verständlich geschrieben, bietet allen technisch Interessierten eine Fülle von Wissenswertem, von Technik-Grundlagen über Bau-, Energie-, Medizin-, Verfahrens- und Verkehrstechnik bis zu Feinmechanik, Maschinenbau, Telekommunikation und Werkstoffen.

1. Auflage 1991, 298 S., Fr. 48.-
ISBN 3-907175-17-4
Technische Hintergründe unseres Alltags – eine Fundgrube für alle!

Im Buchhandel OLYNTHUS Verlag für verständliche Wissenschaft und Technik

Im Buchhandel OLYNTHVS Verlag für verständliche Wissenschaft und Technik

Reihe

Technik für den Menschen

aktuell – kritisch – lesegerecht



Die Idee:
Moderne Technik-Lesebücher sollen es sein. Modern in diesem Sinne: je Band ein aktuelles technisch-wissenschaftliches Thema allgemeinverständlich und unterhaltsam beschreiben (erklären, nicht werten!), reich bebildern, es nach seiner Bedeutung für Leben und Umwelt hinterfragen, dabei gutes Deutsch ohne Phrasen und Modewörter pflegen. Der Leser soll sich selbst ein Urteil bilden können.

Das Ordnungskonzept:
Jeder Band ist aus Einzelbeiträgen zusammengestellt, keiner länger als einige Seiten, aber in sich abgeschlossen. Man braucht nicht zu wissen, was vorher und was nachher steht, und doch ergeben die Beiträge miteinander einen geschlossenen Überblick. Diese «Portionierung» sorgt im Verein mit einer durchdachten Innengestaltung für beste Übersichtlichkeit und Lesbarkeit.

46 Erdwärmesonden

Erdwärmesonden: Heizungsalternative für Wohnhäuser

In der Schweiz laufen schon einige tausend Heizanlagen mit Erdwärme-Sonden und Wärmepumpe. Anfang der 80er-Jahre noch offene Fragen sind inzwischen durch Forschung und mehr als zehn Jahre Erfahrung beantwortet: Gut geplante und installierte Erdwärme-Sonden sind umweltverträglich, wirtschaftlich und (trotz des Strombedarfs der Wärmepumpe) auch energetisch sinnvoll - eine ernsthafte Konkurrenz für alle herkömmlichen dezentralen Heizungen.

Wärmepumpe: monovalent erwünscht

Als eine Art Wundermaschine galt die Wärmepumpe nach der Ölkrise des Jahres 1973, als alle Welt einen Ersatz für das Heizöl suchte. Sie ist ein Apparat, der ein Mehrfaches der zu seinem Antrieb nötigen Energie in die Heizung speist. Daß das Interesse daran in den 80er-Jahren wieder abnahm, lag nicht nur am gesunkenen Ölpreis. Es hatte und hat auch wohl damit zu tun, daß man sie in unseren Breiten meist "bivalent" auslegen mußte: Neben der Wärmepumpe braucht man noch einen Öl- oder Gasheizkessel für die kältesten Tage - damit aber wird die Heizanlage kompliziert und teuer. Wenn nämlich das Thermometer spürbar unter den Nullpunkt fällt, liefern Luft-Wärmetauscher oder (knapp unter dem Boden verlegte) Erdregister allein nicht mehr genügend Wärme. Und Gewässer oder Grundwasser, die als alleinige Wärmequelle einen "monovalenten" Heizbetrieb per Wärmepumpe gewährleisten können, sind nun einmal nicht bei jedem Haus zu finden.

möglich z.B. mit Erdwärmesonde

Eine neue monovalente Wärmequelle wurde Anfang der 80er-Jahre erschlossen. Die Erdwärmesonde, kurz Erdsonde, ist ein U-Rohr, das man bis zu 150 Meter tief in den Boden versenkt; durchgepumptes Kaltwasser erwärmt sich auf 10 bis 12 °C, und eine Wärmepumpe hebt diese Wärme auf etwa 50 °C - ausreichend für eine Niedertemperatur-Heizung. Das U-Rohr besteht aus

Die Möglichkeiten in der Schweiz 47

Wärmepumpe
Erdwärmesonde
50 bis 150 m
10 bis 12 °C
Erdwärmestrom

100 m und tiefer reichen Erdwärmesonden. In der Regel sind es doppelt geführte, am unteren Ende U-förmig umgebogene Polyäthylen-Rohre. Hindurchgepumptes Kaltwasser nimmt im Vorlauf (Hinabströmen) und Rücklauf (Aufwärtsströmen) Erdwärme auf. Diese wird von der Wärmepumpe auf Temperaturen gehoben, die für Niedertemperaturheizungen ausreichen.

Kunststoff, weil dieser der Korrosion besser widersteht als Metall. Zudem sind solche Rohre biegsam, was den Transport auf einer Rolle möglich macht und das Einführen in das Bohrloch erleichtert.

bis zu 150 m tiefe U-Rohre

Offene Fragen

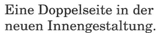
Die Schweiz hat sich auch bezüglich der Erdwärmesonde als fruchtbares Gelände für die Anwendung neuer Energietechniken erwiesen. 1988 zählte man hier an die 1500 Erdsonden-Anlagen, weit mehr als in irgendeinem anderen Land. Fast alle diese Anlagen sind privat finanziert und heizen Ein- und Mehrfamilienhäuser

Schweiz führend

Umfang:
Je ca. 200 Seiten, zahlreiche Photos und Zeichnungen

Format
15,6 x 21,8 cm (etwa DIN A5)

Einband:
Fester Einband mit Glanzfolie



Eine Doppelseite in der neuen Innengestaltung.

Ein Beispiel für diese Reihe (links) und eine Broschüre



von Dr.-Ing. Rudolf Weber

Der Weg zur Wasserstoff-Wirtschaft

Der sauberste Brennstoff

Allgemeinverständliche Einführung in die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen einer Zukunft, in der Wasserstoff als sauberer Energieträger die fossilen Brennstoffe ablöst:

- Gewinnung, Speicherung, Transport sowie Anwendungen,
- z.B. in Wohnhaus, Auto, Flugzeug.
- Sicherheit, Umweltverträglichkeit.
- Versuchsanlagen und Projekte für Solar-Wasserstoff.
- Wirtschaftlichkeit und Politik.

2., erw. Aufl. 1991, 137 S., DM 29,80
ISBN 3-907175-13-1
Das populäre Standardwerk.
EUROSOLAR-Preis 1990!

Dr.-Ing. Rudolf Weber
Heizwärme aus der Tiefe
Wo und wie sich in der Schweiz mit Erdwärme heizen läßt
OLYNTHVS

von Dr.-Ing. Rudolf Weber

Wo und wie sich in der Schweiz mit Erdwärme heizen läßt

Heizwärme aus der Tiefe

Allgemeinverständliche Einführung in die Erdwärmenutzung, vor allem über die Möglichkeiten in der Schweiz. Aber auch Leser in Deutschland und Österreich erhalten wertvolle Anregungen:

- Woher die Erdwärme kommt und
- wie man Erdwärme nutzen kann.
- Wo es warme Tiefenwässer gibt,
- wie sie angezapft werden können,
- und was die Erdwärme kostet.
- Wie Erdwärmesonden arbeiten.
- Adressen zur weiteren Information.

1. Auflage 1990, 70 Seiten, DM 20.-
ISBN 3-907175-12-3
Die Erdwärme-Fibel für alle Bauherren und Hausbesitzer!

Im Buchhandel OLYNTHUS Verlag für verständliche Wissenschaft und Technik



Aluminium

Gewinnung
Anwendungen
Umweltschutz

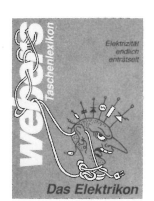
von Dr.-Ing. Rudolf Weber

Für Laien ein ganzes Buch über einen simplen Werkstoff? Einen Werkstoff allerdings, der Fragen zur Umweltverträglichkeit aufwirft: Wie hoch ist der Energiebedarf zu seiner Gewinnung? Und wie steht es um die Ökobilanz von Getränkedosen? Die 126 Kapitel des Lexikons geben sachlich korrekte Antworten auf solche und viele weitere Fragen, eröffnen aber auch von A bis Z die faszinierend vielfältige Welt des silberweißen Leichtmetalls:

- Wann, wie und wo es entdeckt wurde,
- wie es und wieviel gewonnen wird,
- wofür man es verwendet.
- Arbeits- und Umweltschutz,
- dazu kaum Bekanntes, aber sehr Interessantes.

1. Auflage 1990, 279 Seiten, DM 24,80
ISBN 3-907175-11-5

Schon bei Erscheinen ein Klassiker!



Das Elektrikon

Elektrizität
endlich
enträtselt

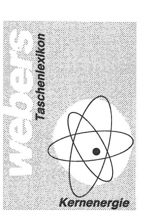
von Dr. Lutz Niemeyer

«Webers Taschenlexikon» ausnahmsweise einmal nicht ganz ernst zu nehmen. Der Physiker und Karikaturist Niemeyer schrieb und zeichnete «Das Elektrikon» als erstes, einziges und einmaliges eminent elektrizitäres Nachschlagewerk – unerschöpfliche Phantasie und Witz von ebenso hohem technischem wie intellektuellem Niveau verbinden sich zu einem köstlichen Feuerwerk überraschender «Erkenntnisse», die (noch!) in keinem Lehrbuch zu finden sind, nehmen aber auch Zeiterscheinungen auf die Schippe:

- epochale Entdeckungen,
- phänomenale Fakten,
- hochaktuelle Hypothesen,
- kernige Karikaturen.

1. Aufage 1991, 140 Seiten, DM 24,80
ISBN 3-907175-14-X

Ein Super-Schmunzelbuch!



Kernenergie

Techniken
Strahlenschutz
Sicherheit

von Dr.-Ing. Rudolf Weber

184 Kapitel geben auf die wesentlichen, allgemein interessierenden Fragen leicht verständliche, wissenschaftlich einwandfreie und unparteiische Antworten – vor allem auch über Sicherheit und Strahlenschutz. Neben der eigentlichen Kernenergietechnik werden auch Bereiche wie Atomgesetze, Isotopentechnik, Kernfusion, Kernwaffen und Nuklearmedizin behandelt, unterstützt von vielen einprägsamen Zeichnungen:

- Wo welche Kernkraftwerke stehen
- und wie sie funktionieren.
- Strahlung und Strahlenschutz.
- Radioaktive Abfälle und Entsorgung.
- Interessante historische Daten.

4. Auflage 1988, 293 Seiten, DM 24,80
ISBN 3-907175-09-3

Das neutrale Standardwerk!



Erneuerbare Energie

Techniken
Potentiale
Umwelteinflüsse

von Dr.-Ing. Rudolf Weber

«Wenn es dieses Buch nicht schon gäbe, müßte man es schleunigst schreiben», urteilen Laien wie Fachleute. In den 197 Kapiteln ist eine unglaubliche Fülle an Daten und Fakten zusammengetragen, es werden aber auch die Zusammenhänge klar gemacht:

- Die Natur von Biomasse-Energie, Erdwärme, Meeresenergie, Sonnenenergie, Wasserkraft und Wind;
- Nutzungstechniken, Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit.
- Wie Solarzelle, Stirling-Motor, Wärmepumpe, Erdwärmesonden, Gezeiten- und Solarkraftwerke funktionieren.
- Faszinierende historische Daten.

1. Auflage 1986, 342 Seiten, DM 24,80
ISBN 3-907175-06-9
Der Klassiker! Ausgezeichnet mit dem **EUROSOLAR-Preis 1990.**